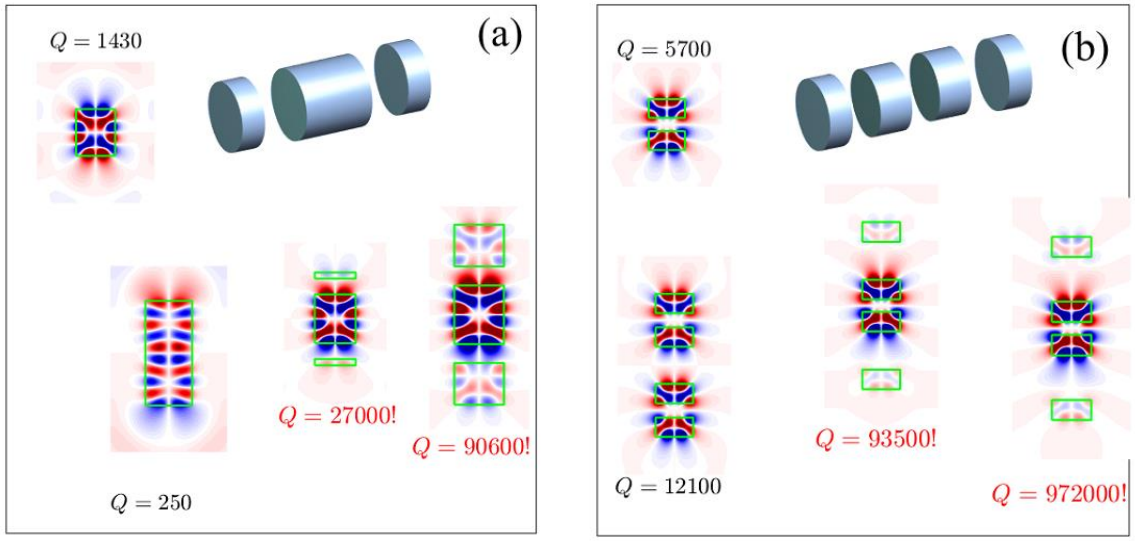
Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук,
ФИЦ КНЦ СО РАН

Q-фактор один миллион в системе из 4-х коаксиальных кремниевых дисков

Авторы: Pichugin K.N., Sadreev A.F., Bulgakov E.N.



Различные варианты оптимизированных оптических резонаторов с профилями электромагнитного поля, почти запертого в структуре

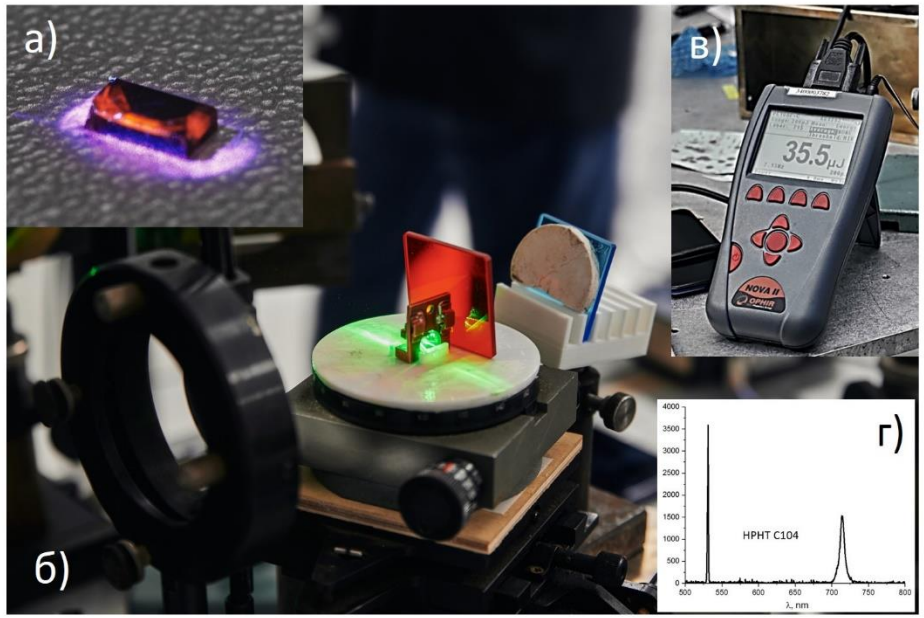
Ключевым механизмом повышения добротности оптических резонаторов, который может быть приложен и к компактным системам из нескольких резонаторов, является деструктивная интерференция электромагнитных мод при антикроссинге резонансов. За счет тонкой настройки размеров резонаторов и расстояний между ними мы добились почти полной деструктивной интерференции всех мультипольных излучений в дальней оптической зоне, что позволяет получить невероятно высокие добротности. Рисунок демонстрирует структуры из трех и четырех коаксиальных кремниевых дисков с показателем преломления 3.46 в оптической области. На Рис. (a) приведено известное решение для резонансных мод одного диска, которое, однако, на один-два порядка уступает нашим решениям из трех дисков различных толщин. На Рис. (b) представлены конструкции из 4 кремниевых дисков, чьи резонансные моды демонстрируют добротности сто тысяч и даже миллион.

Публикации: Sadreev A.F. Interference traps waves in an open system: bound states in the continuum // Reports on Progress in Physics, 2021, V. 84, P. 055901. (Impact Factor WoS – 17.264, Q1)
Pichugin K., Sadreev A., Bulgakov E. Ultrahigh-Q system of a few coaxial disks // Nanophotonics, 2021, V. 10, P. 4341. (Impact Factor WoS – 8.449, Q1)

[1]Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск
[2]Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск
[3]ВНИИА им. Духова, г. Москва
[4]Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск
[5]ООО «Велман», г. Новосибирск

Фотовозбуждаемый алмазный NV⁻ лазер

Авторы: Д.Е. Генин [1,2], А.Д. Саввин [2,3], к.ф.-м.н. Е.И. Липатов [1,2], к.ф.-м.н. А.Е. Дормидонов[3], к.ф.-м.н. Е.О. Сметанина[3], к.ф.-м.н. В.П. Митрохин[3], к.ф.-м.н. М.А. Шулепов [1,2], к.ф.-м.н. Е.Н. Тельминов [2], д.ф.-м.н. А.П.Елиссеев[4], д.ф.-м.н. В.Г. Винс[5]



Алмазный кристалл (а), алмазный лазер в держателе (б), энергия в импульсе алмазного лазера (в), спектр генерации алмазного лазера при накачке на 532 нм (г).

Впервые в мире получена генерация лазерного излучения на NV-центрах в синтетическом алмазе в отрицательном зарядовом состоянии при оптическом возбуждении по четырехуровневой схеме. Сверхлюминесценция и генерация лазерного излучения были достигнуты в полированных HPHT алмазных образцах, содержащих до $2 \cdot 10^{18}$ см$^{-3}$ NV-центров и до $5 \cdot 10^{19}$ см$^{-3}$ замещающего азота, в фононном крыле фотолюминесценции NV⁻ центров в диапазоне 715-725 нм при ширине на полувысоте 6-15 нм. Порог сверхлюминесценции/генерации составлял 1-4 МВт/см^2 при длительности импульса накачки ~10 нс. Продемонстрирована сверхлюминесценция и генерация при накачке лазерным излучением на 532, 558 и 575 нм нано-и субнаносекундной длительности. Достигнута энергия в импульсе до 48 мкДж при эффективности оптической накачки до 1 %. Лазеры на NV-центрах в алмазе применимы при создании систем квантовой криптографии, квантовых компьютеров и сенсоров, фотонных интегральных схем на алмазе.

Публикации:

1. Savvin A., Dormidonov A., Smetanina E., Mitrokhin V., Lipatov E., Genin D., Potanin S., Yelisseyev A., Vins V. NV– diamond laser // Nature communications, 2021, V. 12, P. 7118.
2. Burachenko A.G., Lipatov E.I., Genin D.E., Ripenko V.S., Savvin A.D., Sorokin D.A., Shulepov M.A., Vins V.G., Eliseev A.P., Puchikin A.V. Luminescence spectra of diamonds containing nitrogen-vacancy and interstitial photoactive centers. // Journal of luminescence, 2021, V. 237, P. 118214.
3. Заявка на патент РФ на изобретение №2021126 от 08.09.2021. Фотовозбуждаемый алмазный NV-лазер.

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, University of Regensburg, Philipps-University of Marburg, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk State University

Настраиваемая генерация нецелочисленных высоких гармоник в топологическом изоляторе

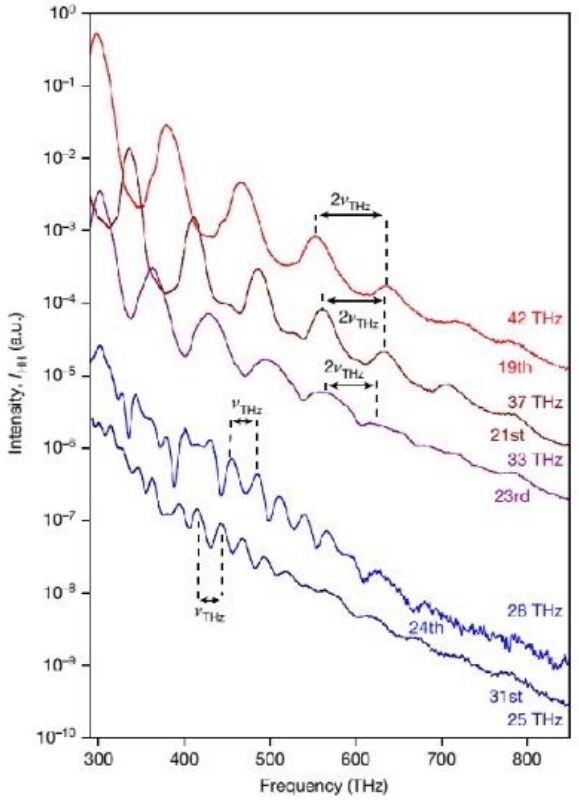


Рис.1 Спектральная интенсивность гармоник высокого порядка

C. P. Schmid, L. Weigl, P. Grössing, V. Junk, C. Gorini, S. Schlauderer, S. Ito, M. Meierhofer, N. Hofmann, D. Afanasiev, J. Crewse, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, J. Güdde, F. Evers, J. Wilhelm, K. Richter, U. Höfer, R. Huber

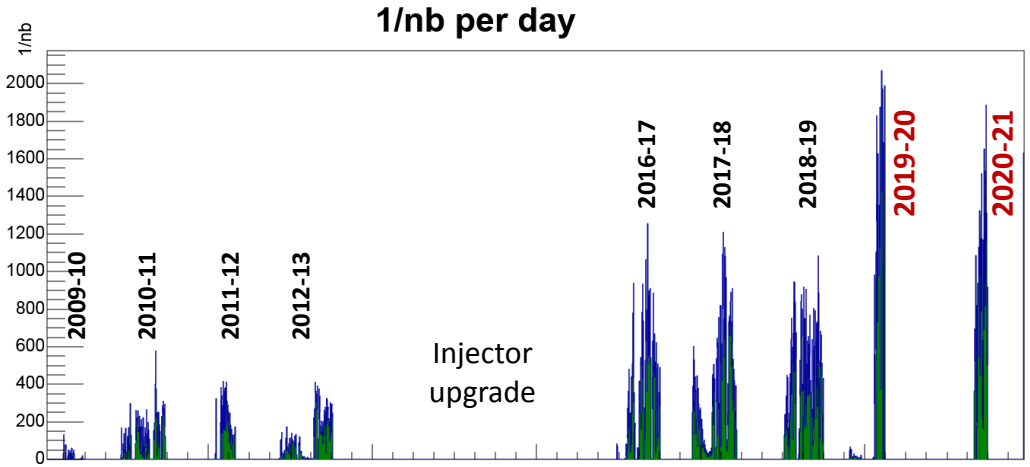
Продемонстрирована генерация гармоник (ГГ) высокого порядка в топологическом изоляторе Bi2Te3. При частоте возбуждения выше объемной Eg/h наблюдается преобладание объемной ГГ нечетного порядка. Если THz частота ниже Eg/h, в спектрах ГГ преобладает вклад от металлических топологических поверхностных состояний, что приводит к гармоникам четного и нечетного порядка.

Поверхностное излучение возникает из-за баллистического движения квазирелятивистских фермионов через точку Дирака. Наблюдаемые гармоники могут быть непрерывно сдвинуты к произвольным нецелым кратным (рис.1). Баллистический контроль в сильном поле топологически защищенных поверхностных состояний открывает уникальную возможность для проверки фундаментальных предсказаний релятивистской квантовой физики.

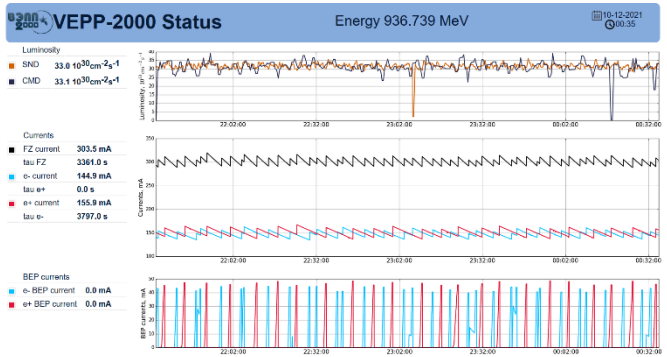
Публикации:C. P. Schmid, L. Weigl, P. Grössing, V. Junk, C. Gorini, S. Schlauderer, S. Ito, M. Meierhofer, N. Hofmann, D. Afanasiev, J. Crewse, K.A. Kokh, O.E. Tereshchenko, J. Güdde, F. Evers, J. Wilhelm, K. Richter, U. Höfer, and R. Huber. Tuneable non-integer high-harmonic generation in a topological insulator. Nature 593, 385 (2021).

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии

Достижение рекордной пиковой светимости и темпа набора данных на коллайдере ВЭПП-2000



Посуточный набор данных детектором КМД-3



Скриншот статусной страницы регулярной работы коллайдера

Большой коллектив сотрудников ИЯФ СО РАН

Электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2000, с диапазоном энергий от 160 до 1000 МэВ в пучке, приступил к набору данных с двумя детекторами СНД и КМД-3 в 2010 году. После завершения в 2016 году модернизации инжектора, позволившей на порядок повысить производительность по позитронам, ВЭПП-2000 продолжает набор данных с постоянным наращиванием своей эффективности. В 2020-21 была достигнута рекордная для энергии пучков 950 МэВ пиковая светимость $L=5\cdot10^{31}см^{-2}с^{-1}$ и рекордный суточный темп набора данных, составивший 2 $пб^{-1}$. Это достижение – результат кропотливой работы по настройке накопительного кольца, повышению надёжности работы отдельных систем ускорительного комплекса, изучению динамики частиц и подавлению эффектов встречи, ограничивающих светимость установки.

Публикации:

D.Shwartz et al., "Round Colliding Beams: Successful Operation Experience", Proc. IPAC-2021, p.1326, https://doi.org/10.18429/JACoW-IPAC2021-TUPAB002

S.Kladov, E.Perevedentsev, "Two-Stream Effects in Coherent Beam-Beam Oscillations in VEPP-2000 Collider Near the Linear Coupling Resonance", Proc. IPAC-2021, p.866, https://doi.org/10.18429/JACoW-IPAC2021-MOPAB274

M.Timoshenko et al., "VEPP-2000 Collider Complex Operation in 2019-2021 Runs", Proc RuPAC-2021, p.28, https://doi.org/10.18429/JACoW-RuPAC2021-TUY01

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии

В экспериментах на установке СМОЛА доказана эффективность нового метода удержания термоядерной плазмы в винтовом магнитном поле.

Авторы: *А. В. Судников, Д. А. Аюпов, А. Д. Беклемишев, А. В. Бурдаков, И. А. Иванов, А. А. Инжеваткина, М. В. Ларичкин, К. А. Ломов, В. В. Поступаев, М. С. Толкачёв, В. О. Устюжанин, И. С. Черноштанов*

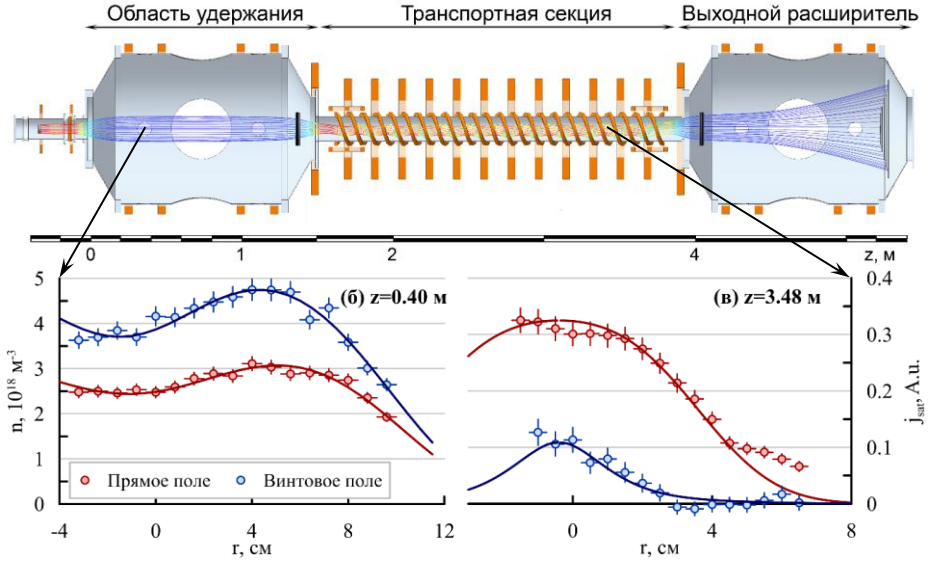


Рис. 1. (а) Установка СМОЛА. (б) Распределение плотности плазмы в области удержания. (в) Распределение плотности потока плазмы, истекающей из транспортной секции. Точки: эксперимент, сплошные линии: теория.

Важной задачей физики открытых ловушек является снижение потерь плазмы вдоль силовых линий. На установке СМОЛА исследуется винтовое удержание — новый метод подавления продольных потерь. Он основан на передаче импульса ионам при вращении плазмы в винтовом магнитном поле. Достигнуто значительное подавление истекающего потока, что хорошо согласуется с теоретической моделью переноса частиц. Эффективное пробочное отношение превышало R=10. Продемонстрирован 1.6-кратный рост плотности плазмы.
При сильной гофрировке наблюдалась инверсия продольной скорости плазмы вблизи оси. Эффекты винтового удержания наблюдались и при существенном росте длины свободного пробега ионов, что важно для применимости описанного метода для ловушек с термоядерными параметрами плазмы

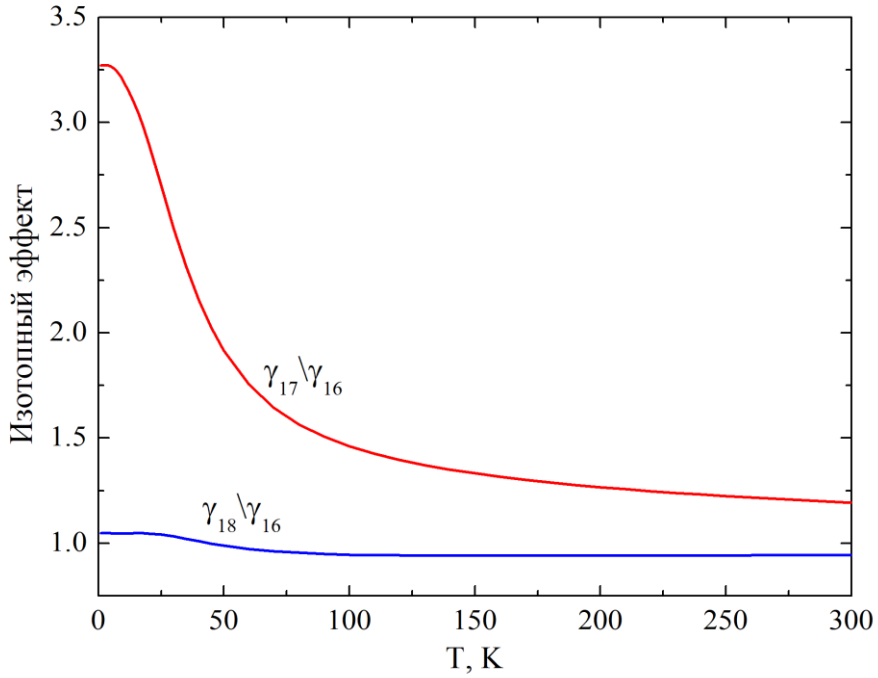
Публикации:

Inzhevatkina A.A., et al.	Investigation of Plasma Rotation in SMOLA Helical Open Trap	// Plasma Physics Reports. - 2021. - Vol. 47, Is. 8. - P. 794-802.
Ivanov I.A., et al.	Long-pulse plasma source for SMOLA helical mirror	// Journal of Plasma Physics. - 2021. - Vol. 87, Is. 2. - Art.nr 845870201.
Chernoshtanov I.S., Ayupov D.A.	Collisionless particle dynamics in trap sections with helical corrugation	// Physics of Plasmas. - 2021. - Vol. 28, Is. 3. - Art.nr 032502.
Sudnikov A. V., et al.	Plasma flow suppression by the linear helical mirror system	// Journal of Plasma Physics. – в печати

Институт автоматики и электрометрии СО РАН

Новые эффекты в конверсии ядерных спиновых изомеров молекул воды

Авторы: Мамрашев А. А., Чаповский П. Л.



Температурная зависимость изотопного эффекта в конверсии изомеров молекулы воды

Молекулы воды чрезвычайно важны для фундаментальной науки и технологии. В природе молекулы воды существуют в виде ядерных спиновых изомеров, орто-H_2O и пара-H_2O, различающихся взаимной ориентацией спинов ядер водорода. В серии теоретических исследований предсказаны новые физические эффекты для изомеров молекул воды. Объяснено существование неисчезающей фракции орто-H_2O внутри фуллерена C_{60} при охлаждении [1]. Предсказана высокая стабильность изомеров воды – время их жизни составляет десятки часов при нормальных условиях [2]. Обнаружено аномальное увеличение скорости конверсии изомеров (в ~260 раз) в колебательно-возбужденном состоянии $2\nu_2$ по сравнению с основным состоянием [3]. Предсказан значительный изотопный эффект для молекулы $H_2{}^{17}O$ (3,3 при низких температурах) и слабый эффект для $H_2{}^{18}O$ (рис. 1). Ускорение конверсии в колебательно-возбужденных состояниях и изотопный эффект можно применить для обогащения спиновых изомеров молекул воды лазерным излучением.

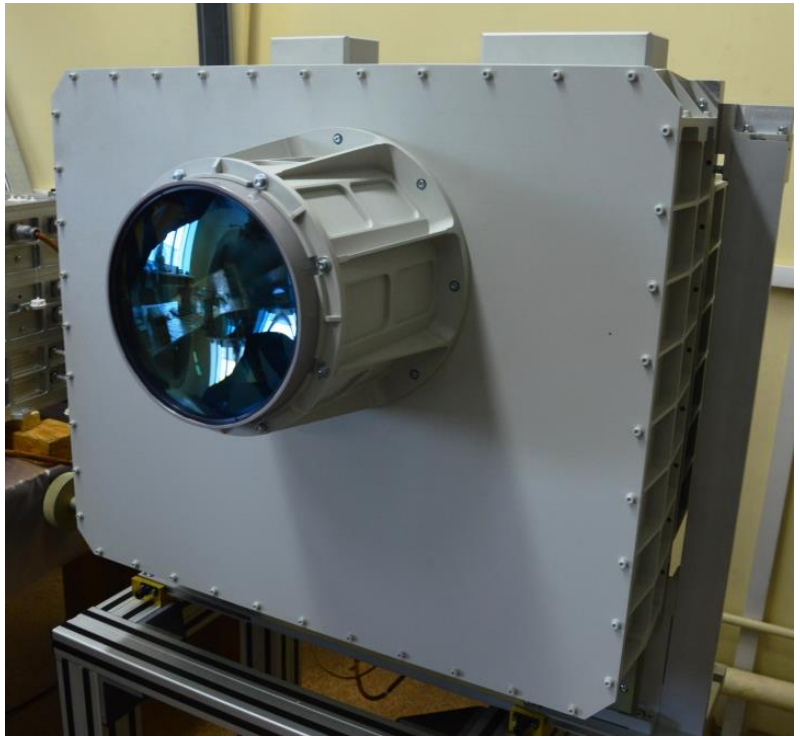
Публикации:

1. *Чаповский П.Л., Мамрашев А.А. Аномальное орто/пара отношение ядерных спиновых изомеров H_2O при низких температурах // Письма в ЖЭТФ. – 2020. – Т. 111, № 2. – С. 75–79. – DOI:10.31857/S0370274X20020046*
2. *Chapovsky P.L., Mamrashev A.A. Nuclear spin conversion in H_2O revisited // Phys. Rev. A. –2021. – V. 104, Is. 5. – P. 052816. – DOI: 10.1103/PhysRevA.104.052816*
3. *Мамрашев А.А., Чаповский П.Л. Ускорение конверсии ядерных спиновых изомеров молекул воды при их колебательном возбуждении // Письма в ЖЭТФ. – 2021. – Т. 114, № 10. – С. 699–703. – DOI: 10.31857/S1234567821220122.*

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
Конструкторско-технологический институт научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук

РАЗРАБОТКА ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗЕРКАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ «МИЛЛИМЕТРОН»

Авторы: П.С. Завьялов, С.Н. Макаров, М.Ф. Ступак, А.Г. Верхогляд, А.Г. Елесин, М.А. Завьялова, М.С. Кравченко, Д.С. Скоков, Е.В. Власов, А.В. Ермоленко, А.В. Солдатенко



Первый опытный образец системы контроля зеркальных элементов космической обсерватории «Миллиметрон»

Разработана оригинальная система контроля геометрии зеркальной системы (СК ЗС) космической обсерватории «Миллиметрон» для работы в миллиметровом и дальнем ИК диапазонах (70 мкм – 10 мм). СК ЗС состоит из двух самостоятельных каналов – канала предварительной настройки на базе лазерного 3D-сканера и канала точной настройки – анализатора.

По результатам численного моделирования и по итогам испытаний сделан основной вывод, что при снижении погрешностей работы 3D-сканера (линейных измерений до уровня 9 мкм, угловых - 2 угл. сек.) и применении комбинированных контрольных меток на панелях главного зеркала, потенциально возможно построение прибора для предварительной настройки зеркальной системы. Показано, что погрешность измерения углового положения панелей главного зеркала в анализаторе не превышает 0,3’’.

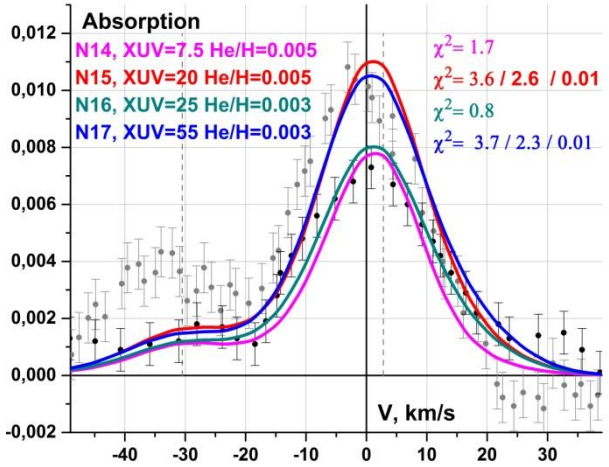
Предложенная СК ЗС обсерватории «Миллиметрон» по совокупности характеристик не имеет отечественных и зарубежных аналогов. Она войдет в состав бортового комплекса научной аппаратуры и рассчитывается на работу в условиях космического пространства.

Публикации: 1. Математическая модель зеркальной системы обсерватории «Миллиметрон» и описание метода предварительного обмера телескопа в рамках данной модели / С.Н. Макаров, А.Г. Верхогляд, М.Ф. Ступак, Д.А. Овчинников, Ю.А. Оберемок // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2021. – Т. 22. – № 1. – С. 151-165. – DOI: 10.31772/2712-8970-2021-22-1-151-165.
2. Математическое моделирование работы 3D-сканера при контроле зеркальной системы обсерватории «Миллиметрон» / С.Н. Макаров, А.Г. Верхогляд, М.Ф. Ступак, Д.А. Овчинников, Ю.А. Оберемок // Компьютерная оптика. – 2021. – Т. 45. – № 4. – С. 541-550. – DOI: 10.18287/2412-6179-CO-833.
3. Разработка двухступенчатой системы контроля зеркальных элементов космической обсерватории «Миллиметрон»/ П.С. Завьялов, С.Н. Макаров, А.Г. Верхогляд, М.Ф. Ступак, Д.В. Скоков [Электронный ресурс] // Решетневские чтения : XXV междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти генер. конструктора ракет.-космич. систем акад. М.Ф. Решетнева (Красноярск, 10-12 нояб. 2021 г.) : матер. : в 2 ч. – Красноярск, 2021. – Ч. 1. – С. 77-78. – Pdf.

[1]Институт лазерной физики СО РАН, Новосибирск, Россия;
[2]Институт космических исследований Австрийской академии наук, Грац, Австрия;
[3]Институт астрономии РАН, Москва, Россия;
[4]Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

Интерпретация наблюдательных особенностей верхней атмосферы горячего Юпитера HD 189733b

Авторы: ***М.С. Руменских***[1,3,4], ***И.Ф. Шайхисламов***[1,3,4], ***М.Л. Ходаченко***[2,1,3], ***Г. Ламер***[2], ***И.Б. Мирошниченко***[1,4], ***А.Г.Березуцкий***[1,3], ***Л. Фосати***[2]



Моделирование двух разных наблюдений в линии метастабильного гелия (Salz et al. 2018, Guilluy et al. 2020) двумя значениями относительного содержания гелия (He/H) в атмосфере экзопланеты и наиболее подходящими потоками ионизующей радиации звезды (XUV, в ед. эрг/см^2/с на 1 а.е). Также показаны соответствующие числа статистической достоверности подгонки.

- Впервые смоделирована верхняя атмосфера горячего Юпитера HD 189733b в потоке звездного ветра с применением 3D полностью самосогласованной аэрономной модели, и рассчитано поглощение в линии Lyα и линии метастабильного гелия. Сравнение расчетов с наблюдениями позволило оценить содержание гелия на уровне He/H~0.005. Показано, что в условиях умеренного звездного ветра линия Lyα поглощается примерно в пределах полости Роша за счет атмосферного уширения на уровне около 7%. При более сильном ветре в слое сжатия ударной волны из-за доплеровского уширения появляется значительное поглощение около 15% при высоких скоростях ~100 км/с. Вариации в наблюдениях, проведенных в различное время, мы объясняем активностью родительской звезды – ионизирующего излучения в случае линии метастабильного гелия и плазменного ветра в случае линии Lyα. Полученные результаты показывают, что современные методы наблюдения и интерпретации данных позволяют анализировать космическую погоду планет у других звезд.

Публикации: *Astrophysical journal – in press*

ИНСТИТУТ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ им. В.Е. ЗУЕВА СО РАН

Фемтосекундная лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия для дистанционного зондирования атмосферы

Д.В. Апексимов, П.А. Бабушкин, Ю.Э. Гейнц, А.А. Землянов, Г.Г. Матвиенко, В.К. Ошлаков, А.В. Петров

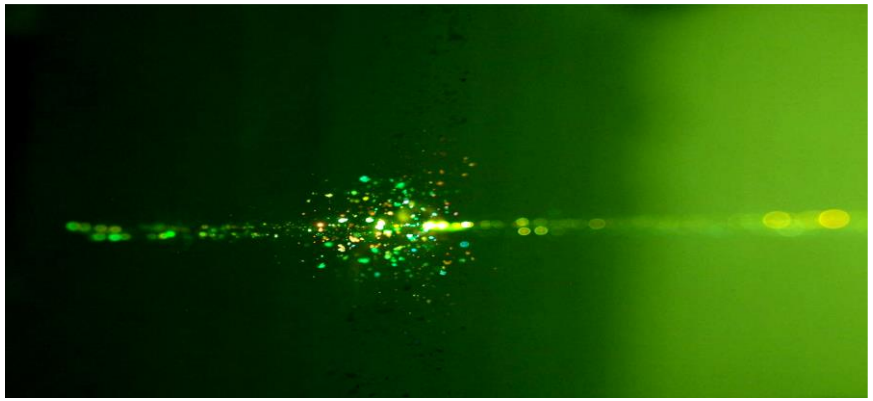


Рис.1. Взаимодействие нескольких филаментов с образцом Cu в виде твердого аэрозоля

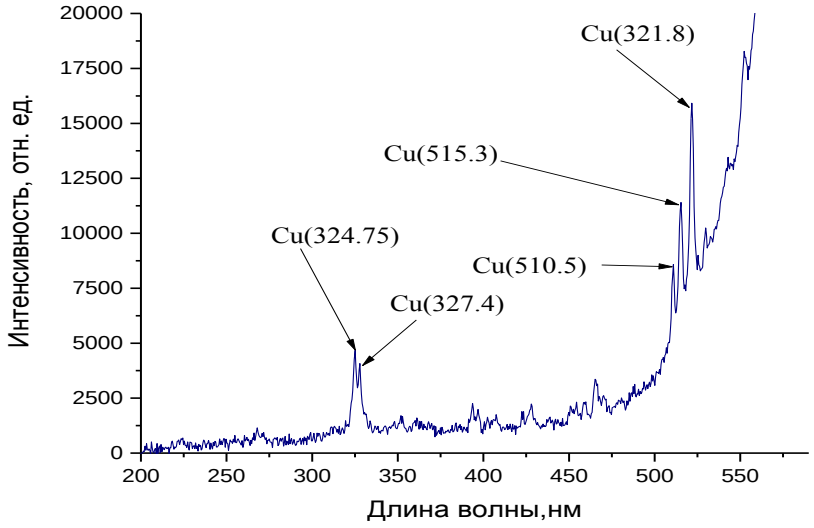


Рис.2. Эмиссионные спектры свечения Cu, зарегистрированные на удалении 10 м от твердого аэрозоля, после взаимодействия с филаментами

В ИОА СО РАН впервые осуществлено дистанционное детектирование твердофазных аэрозолей на удалении до 10 метров по методике фемтосекундной лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии. В экспериментах реализована лидарная схема с использованием импульсного излучения титан-сапфирового лазера (λ=800 нм) мощностью до 400 ГВт, создававшего на заданной дистанции модельной воздушной трассы упорядоченное множество высокоинтенсивных световых филаментов и плазменных областей, взаимодействующих с аэрозольными частицами (рис.1, 2). Метод развивается для удаленного детектирования загрязняющего вещества в заданной точке оптической трассы и получения оперативной информации о его потенциальной опасности для окружающей среды.

Geints Y.E., Zemlyanov A.A. Dynamics of femtosecond synthesized coronary profile laser beam filamentation in air. Journal of Optics. 2021. V.23. 105502 (12pp).

ИКФИА СО РАН 2021

1. Пространственно-временные особенности природных пожаров в Сибири за 2001-2020 гг.

Авторы: *О.А. Томшин, В.С. Соловьев (ИКФИА СО РАН)*

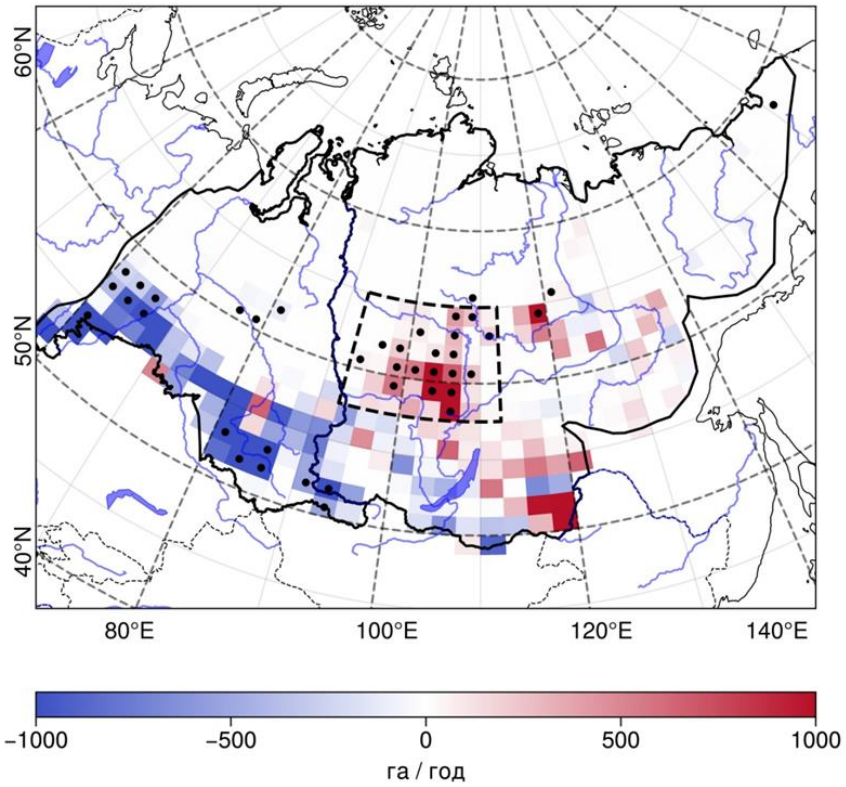


Рисунок 1. Карта трендов годовой площади природных пожаров за период 2001-2020 гг. Точками отмечены области с $p < 0.05$

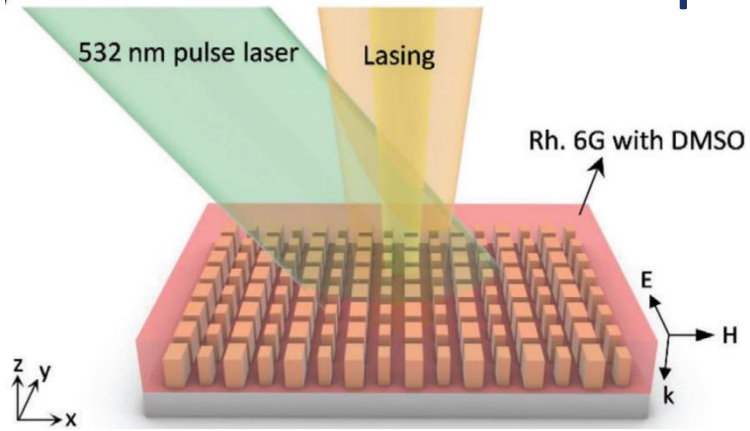
В результате многолетних спутниковых и наземных наблюдений пространственно-временных особенностей природных пожаров, температуры воздуха и осадков на территории Сибири за период 2001-2020 гг. впервые показано, что на юге Западной Сибири преобладает отрицательный тренд площади природных пожаров (-17 тыс. га/год, на уровне значимости $p < 0.05$), а в центральной части Восточной Сибири – положительный (10 тыс. га/год, $p < 0.05$). Рост температуры (0.11 С/год) и снижение количества осадков (-1.64 мм/год) в летние месяцы в центральной части Восточной Сибири привели к формированию более благоприятных условий для возникновения и развития пожаров, что, в свою очередь, привело к увеличению продолжительности пожароопасного сезона до 50-70 дней за счёт смещения дат его начала и окончания. Полученный результат является важным для учета и прогнозирования пожарной обстановки в Сибирском регионе.

Публикация: Tomshin O., Solovyev V. Spatio-temporal patterns of wildfires in Siberia during 2001–2020 // Geocarto Internat. DOI:10.1080/10106049.2021.1973581. (WoS, Q1)

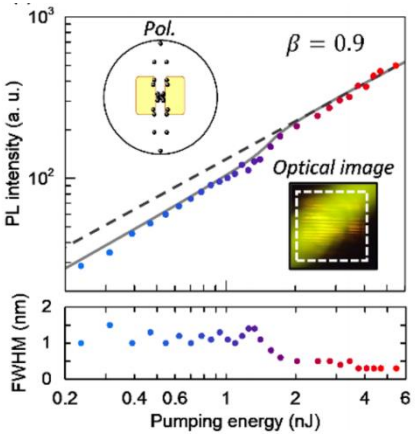
Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук, ФИЦ КНЦ СО РАН, СФУ, National Chiao Tung University, National Yang Ming Chiao Tung University, National Taiwan Ocean University, National Taiwan Normal University (Taiwan)

Низкопороговый микролазер на основе связанного состояния в континууме на метаповерхности с гибридным решеточным резонансом

Авторы: Д.Н. Максимов, П.С. Панкин, И.В. Тимофеев и др.



Метаповерхность нано-параллелепипедов из нитрида кремния высотой 227 нм с периодом 300 нм, погруженная в диметилсульфоксид, допированный родамином 6G, с гибридным решеточным резонансом на основе квази-связанного состояния в континууме с длиной волны 605 нм.



Измеренная зависимость интенсивности и ширины линии фотолюминесценции от энергии импульса накачки, сплошная серая линия получена из решения скоростных уравнений, на вставках – поляризационная диаграмма и изображение в оптическом микроскопе

В диэлектрической метаповерхности нами было экспериментально показано, что незначительное отклонение от условия полной деструктивной интерференции приводит к лазерной генерации с порогом до 1,25 нДж при ширине импульса накачки 1,24 нс. Это объясняется тем, что при сближении размеров четных и нечетных нано-параллелограммов метаповерхности резонанс Фано в спектре отражения сужается, а затем – схлапывается, приводя к полностью темному гибридному решеточному резонансу. При этом высокая добротность и сильная локализация поля компенсируют недостаток объема моды микрорезонатора и позволяют достичь высокого фактора Парселла. Результаты исследования могут быть применены в нелинейной оптике, в оптических сенсорах, а также для разработки новых интегрально-оптических схем и микролазеров с низким порогом и высокой добротностью.

Публикации: Yang J.-H., Huang Z.-T., Maksimov D.N., Pankin P.S., Timofeev I.V., Hong K.-B., Li H., Chen J.-W., Hsu C.-Y., Liu Y.-Y., Lu T.-C., Lin T.-R., Yang C.-S., and Chen K.-P. Low-Threshold Bound State in the Continuum Lasers in Hybrid Lattice Resonance Metasurfaces // Laser & Photonics Reviews, 2021, V. 15, № 10, P. 2100118. (Impact Factor WoS – 13.138, Q1)

ФГБУН Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук

Генерирование мощных СВЧ импульсов на основе линий с ферритом без соленоида

Авторы: д.ф.-м.н. И.В. Романченко, П.В. Припутнев, к.ф.-м.н. В.Ю. Конев, С.Н. Мальцев

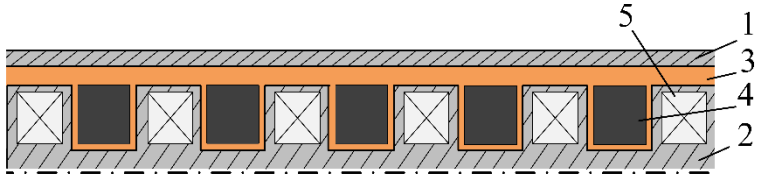


Рис. 1. Изображение нелинейной коаксиальной линии: 1 – внешний проводник, 2 – внутренний проводник, 3 – масляная изоляция, 4 – ферриты, 5 – постоянные кольцевые магниты.

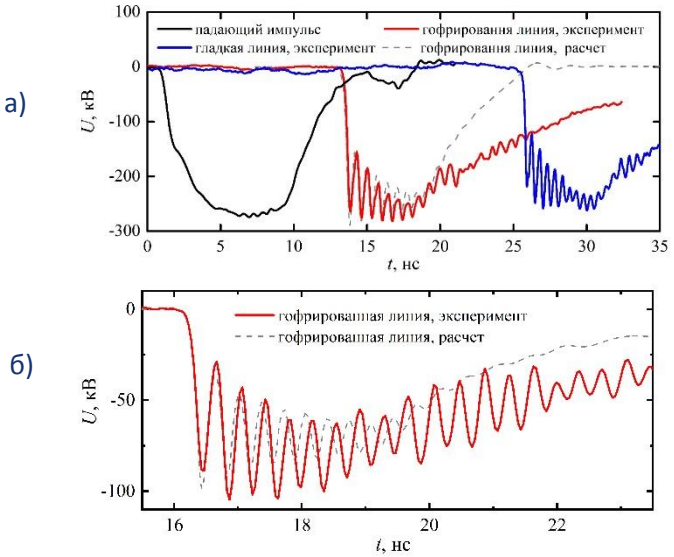


Рис. 2. Расчетные и экспериментальные осциллограммы генерации СВЧ импульсов в линии 40 Ом на частоте 1.3 ГГц (а), в линии 18 Ом на частоте 2.5 ГГц (б).

Предложен способ генерации мощных СВЧ импульсов на основе нелинейной передающей линии с ферритом без использования соленоида. Центральный проводник коаксиальной линии представляет собой гофрированную структуру (рис. 1). Аксиально намагниченные постоянные кольцевые магниты располагают внутри участка с увеличенным диаметром центрального проводника. Ферритовые кольца помещают на отрезке внутреннего проводника с меньшим диаметром. Экспериментально реализован макет с генерацией СВЧ колебаний на частоте 1.3 ГГц в линии с периодически расположенными ферритами и магнитами с импедансом 40 Ом. При этом мощность СВЧ колебаний оказалось выше, чем в линии с однородным заполнением таким же количеством ферритовых колец (рис. 2, а). Экспериментально реализован макет с генерацией СВЧ колебаний на частоте 2.5 ГГц в линии с импедансом 18 Ом (рис. 2, б). Впервые в этой конфигурации получен СВЧ импульс с таким низким импедансом длительностью около 7 нс.

Публикации:

1. И.В. Романченко, В.Ю. Конев, П.В. Припутнев, “Способ генерации мощных импульсов свч-излучения наносекундной длительности” // Патент Российской Федерации на изобретение № 2753420. – 16 августа 2021.
2. P.V. Priputnev, I.V. Romanchenko, S.N. Maltsev, V.Yu. Konev, V.P. Tarakanov, “RF pulse generation in a gyromagnetic nonlinear transmission line with periodically placed ferrites and permanent magnets” // IEEE Microwave and Wireless Components Letters. – in print.

Наноструктурирование поверхности аморфного и кристаллического кремния фемтосекундными лазерными импульсами

Бронников К.А., Достовалов А.В., Терентьев В.С., Корольков В.П., Бабин С.А. (ИАиЭ СО РАН); Мицай Е.В., Непомнящий А.В., Жижченко А.Ю., Черепахин А.Б., Кучмижак А.А. (ИАПУ ДВО РАН); Мироненко А.Ю. (ИХ ДВО РАН).

Продемонстрировано формирование решеток с субволновым периодом на поверхности аморфного (*a*-Si) и кристаллического (*c*-Si) кремния лазерными фс импульсами с длиной волны 1026 нм при латеральном сканированием поверхности образцов. В случае пленок *a*-Si впервые получен новый тип структур – гексагональная решетка конусообразных выступов SiO_2 с периодом ~980 нм, чередующихся с подповерхностными включениями поликристаллической фазы Si (Рис. 1 а-в), – что позволило существенно изменить оптические свойства пленки (снижение коэффициента отражения с ~50% до <2% в видимом диапазоне (Рис. 1 г)). Впервые продемонстрировано применение лазерно-индуцированных структур для повышения чувствительности метода флуоресцентной спектроскопии на два порядка, по сравнению со стандартными подходами измерения концентрации аналита. Достигнут режим лазерно-индуцированной кристаллизации пленки *a*-Si без изменения исходной морфологии поверхности при скорости сканирования 1 мм/с (Рис. 1 д). Для *c*-Si разработана методика создания массива углублений с периодом 450±5 нм и аспектным соотношением равным 8 путем использования покрывающей пленки гафния толщиной 20 нм, обеспечивающей эффективное возбуждение поверхностных плазмонов (Рис. 1 е, ж).

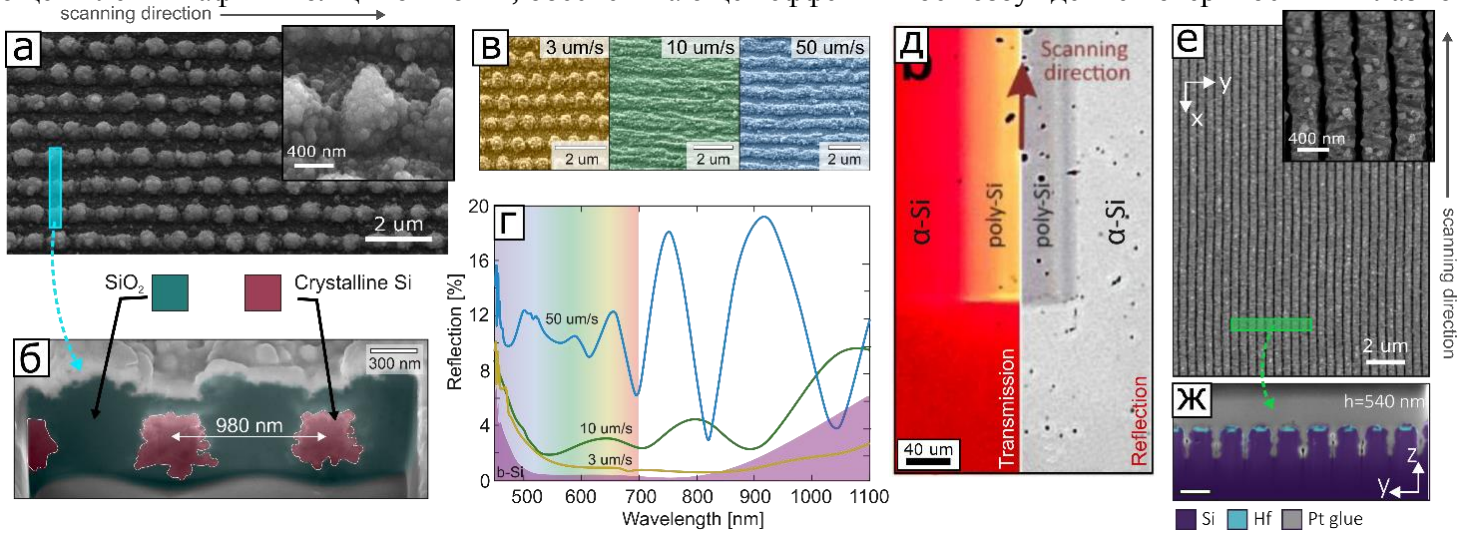


Рис. 1. (а) Микрофотографии гексагональной решетки микроконусов, записанной на пленке *a*-Si толщиной 370 нм, и (б) поперечного выреза данной структуры; (в) микрофотографии структур, записанных на пленке *a*-Si при различных скоростях сканирования, (г) спектры отражения соответствующих структур; (д) оптические снимки в проходящем и отраженном свете области лазерно-индуцированного поликристаллического кремния; (е) микрофотографии решетки, записанной на пластине *c*-Si, покрытой 20 нм слоем Hf и (ж) поперечного выреза данной решетки.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№19-32-90235) и РНФ (№21-72-20162).

Публикации

•Dostovalov, K. Bronnikov, V. Korolkov, S. Babin, E. Mitsai, A. Mironenko, M. Tutov, D. Zhang, K. Sugioka, J. Maksimovic, T. Katkus, S. Juodkazis, A. Zhizhchenko, and A. Kuchmizhak, "Hierarchical anti-reflective laser-induced periodic surface structures (LIPSSs) on amorphous Si films for sensing applications," **Nanoscale** (2020).

•K. Bronnikov, A. Dostovalov, A. Cherepakhin, E. Mitsai, A. Nepomniaschiy, S. A. Kulinich, A. Zhizhchenko, and A. Kuchmizhak, "Large-Scale and Localized Laser Crystallization of Optically Thick Amorphous Silicon Films by Near-IR Femtosecond Pulses," **Materials** 13(22), 5296 (2020).

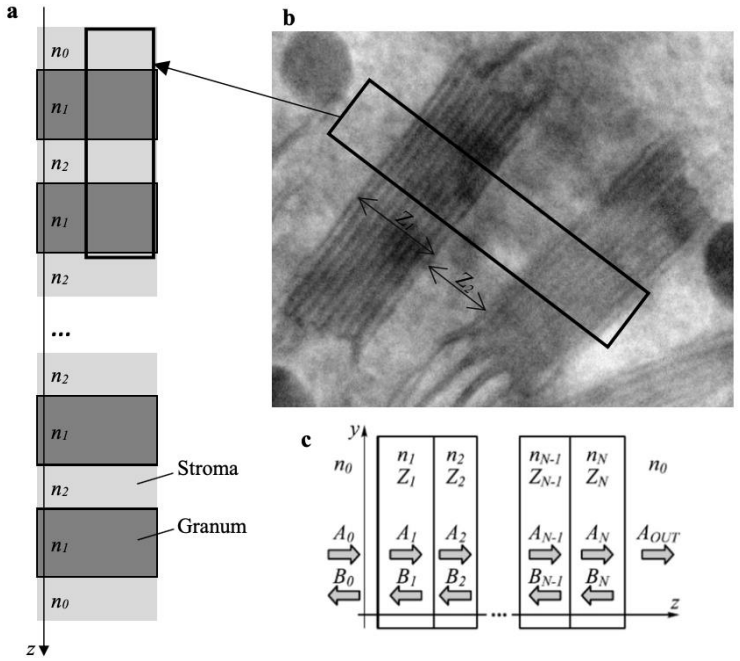
•E. Mitsai, A. V. Dostovalov, K. A. Bronnikov, A. V. Nepomniaschiy, A. Y. Zhizhchenko, and A. A. Kuchmizhak, "Crystallization of Optically Thick Amorphous Silicon Films by Near-IR Femtosecond Laser Processing," **Solid State Phenomena** 312, 134–139 (2020).

•K. Bronnikov, A. Dostovalov, V. Terentyev, S. Babin, A. Kozlov, E. Pustovalov, E. L. Gurevich, A. Zhizhchenko, and A. Kuchmizhak, "Uniform subwavelength high-aspect ratio nanogratings on metal-protected bulk silicon produced by laser-induced periodic surface structuring," **Appl. Phys. Lett.** 119(21), 211106 (2021).

Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр» Сибирского отделения Российской академии наук»

Концентрация световой энергии в периодических биоструктурах

Авторы: Е.Р. Буханов, А.В. Шабанов, М.Н. Волочаев, С.А. Пятина



Моделирование фотонно-кристаллической слоистой структуры (a) с распространяющимися вдоль оси z плоскими электромагнитными волнами (c). Черный прямоугольник слева (a) соответствует части снимка хлоропласта справа (b), полученного с использованием просвечивающей электронной микроскопии.

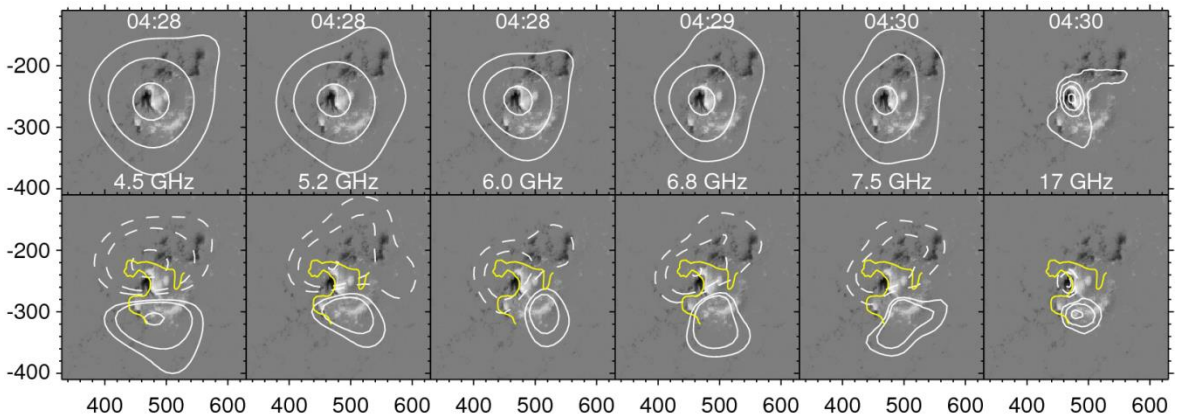
На основе параметров структуры хлоропластов, полученных с помощью просвечивающей электронной микроскопии, методом трансфер-матриц рассчитаны спектр пропускания и график плотности фотонных состояний.

Результаты расчета с учетом дисперсии показали наличие зоны селективного отражения в красной области спектра. На краях стоп-зон находятся пики плотности фотонных состояний, свидетельствующие о повышении вероятности протекания квантовых процессов на данных длинах волн. Таким образом, моделирование периодической структуры хлоропласта показало возможность биофотонных кристаллов эффективно концентрировать энергию излучения пространственно и частотно. Также выявлены механизмы изменения плотности фотонных состояний и локального электрического поля за счет дисперсии.

Публикации: Bukhanov E.R., Shabanov A.V., Volochaev M.N., Pyatina S.A. The Role of Periodic Structures in Light Harvesting // Plants, 2021, V. 10, P. 1967. https://doi.org/10.3390/plants10091967. (Impact Factor WoS 3.935, Q1).

Микроволновый индикатор потенциальной геоэффективности и жгутовая магнитная структура солнечной активной области

Авторы: А.В. Кудрявцева, И.И. Мышьяков, А.М. Уралов, В.В. Гречнев (ИСЗФ СО РАН)



ИНЛ в NOAA 12673 6 сентября за 4,5 часа до первой вспышки балла X2.2: в правой колонке NoRH, в остальных СРГ. Полутоновым фоном представлена фотосферная продольная магнитограмма (04:30; светлый — положительная полярность, темный — отрицательная) , желтый контур — нейтральная линия. Контуры в верхнем ряду — интенсивность, белые контуры в нижнем ряду — круговая поляризация: сплошные — положительная; штриховые — отрицательная.

Выполнен анализ присутствия микроволнового источника над нейтральной линией (ИНЛ) в суперактивной области NOAA 12673, породившей ряд геоэффективных событий в сентябре 2017 г. Для оценки положения ИНЛ использовались данные Сибирского радиогелиографа (СРГ) на пяти частотах диапазона 4–8 ГГц и Радиогелиографа Нобеяма (NoRH) на частоте 17 ГГц.

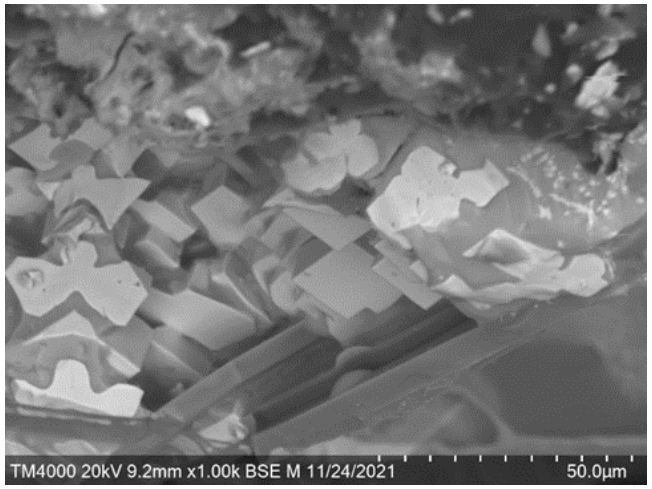
Возникший до начала многодневной мощной вспышечной активности ИНЛ проецируется в зону максимальных значений расчётного горизонтального магнитного поля, соответствовавшую пересечению выявленных магнитных жгутов. Полученные результаты указывают на возможность совместного использования регулярных векторных магнитограмм и данных СРГ в задаче прогноза мощных солнечных вспышек и корональных выбросов массы.

Публикации: А.В. Кудрявцева, И.И. Мышьяков, А.М. Уралов, В.В. Гречнев «Микроволновый индикатор потенциальной геоэффективности и жгутовая магнитная структура солнечной активной области», Солнечно-земная физика. 2021. Т. 7. № 1 стр. 3-12, DOI: 10.12737/szf-71202101

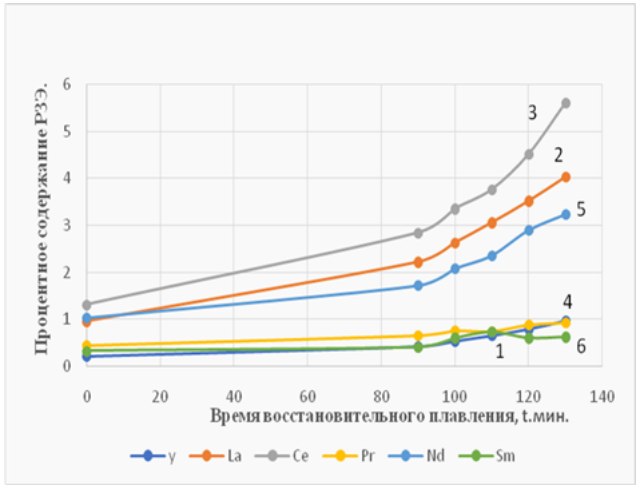
Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука», обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр» СО РАН

Обогащение редкоземельных руд Чуктуконского месторождения методом восстановительного плавления

Авторы: В.Ф. Павлов, И.В. Павлов, М.В. Павлов, О.В. Шабанова



Кристаллы РЗЭ в шлаковом расплаве



Зависимость роста концентрации РЗЭ от времени восстановительного плавления

Чуктуконское редкометалльное месторождение (Красноярский край) является одним из крупнейших потенциальных сырьевых источников редкоземельных металлов в России. В процессе исследования установлено, что плавление руды с углеродом при температуре 1550-1600°С в течении 90 мин с резким охлаждением расплава приводит к преимущественному переходу железа, марганца, титана и ниобия в металл, в шлаке концентрируются редкоземельные элементы. В режиме медленного охлаждения в шлаковом расплаве установлено чёткое выделение отдельной фазы редкоземельных элементов. В металлической части расплава выделено две раздельные фазы: одна – железо, обогащённое марганцем, другая - титан-ниобиевый сплав.

Публикации:

1. В.Ф.Павлов, М.В.Павлов, О.В.Шабанова, В.И.Кузьмин, В.Ф.Шабанов Влияние параметров охлаждения расплава редкометальной Чуктуконской руды на формирование состава фаз шлака и металла / Химия в интересах устойчивого развития (в печати)

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,
Center for Theoretical Physics of Complex Systems, Institute for Basic Science, Korea University of Science and Technology, Daejeon, Republic of Korea, Nanyang Technological University, Singapore, Новосибирский государственный университет

Теория сверхпроводимости в двумерных системах на основе межэлектронного обмена возбуждениями конденсата Бозе-Эйнштейна

М. Сан, А. Парафило, К. Виллегас, В.М. Ковалёв, И.Г. Савенко

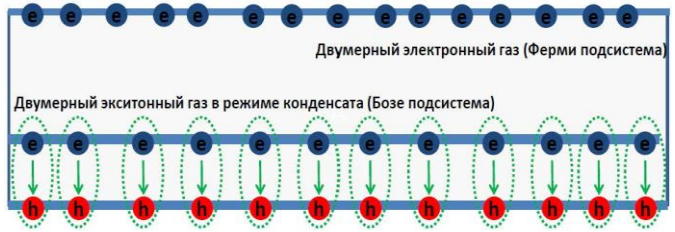


Рис.1 Схематическое изображение гибридной системы двумерный электронный газ – двумерный экситонный газ.

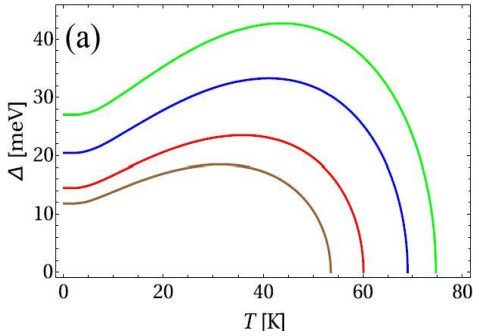


Рис.2 Зависимость критической температуры сверхпроводящей щели электронной подсистемы от температуры для различных плотностей экситонного конденсата (плотность конденсата растёт от коричневой к зелёной кривой).

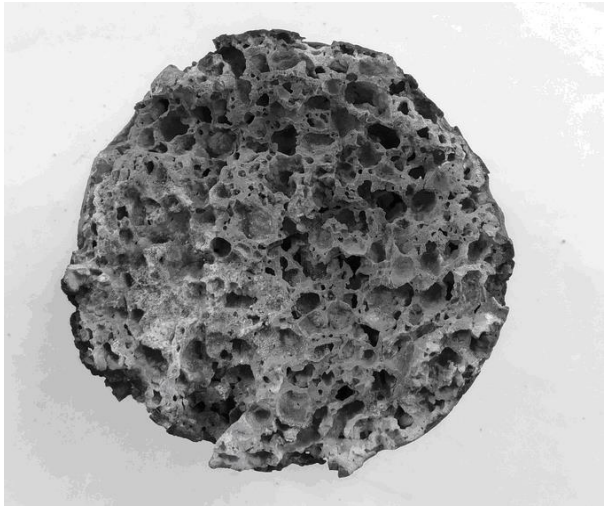
Изучен новый тип спаривания электронов в гибридной Ферми-Бозе системе, представляющей собой 2D электронный газ и 2D газ бозе-частиц, находящийся в режиме конденсата Бозе-Эйнштейна. Спаривание электронов осуществляется за счет обмена квантами колебаний (флуктуаций) плотности конденсата бозе-подсистемы. Предсказано наличие двух типов процессов межэлектронного обмена – одним или двумя квантами колебаний плотности бозе-подсистемы. Оба процесса имеют один порядок по константе взаимодействия электронной подсистемы и бозе-конденсата, в отличие от стандартного механизма фононного обмена между электронами. Проведена теоретическая оценка критической температуры сверхпроводящего перехода для нового механизма на основе полупроводниковой структуры, в которой бозе-подсистема моделировалась квазидвумерным конденсатом дипольных экситонов (Рис.1). Для реалистичных (экспериментально достижимых в современных наноструктурах) параметров системы, новый механизм показывает высокие теоретические значения сверхпроводящей критической температуры (60-80К) и большие значение сверхпроводящей щели (Рис.2).

Публикации: M. Sun, A. Parafilo, K. Villegas, V. M. Kovalev, I. G. Savenko, Theory of BCS-like bogolon-mediated superconductivity in transition metal dichalcogenides, New J. Phys. v. 23 p. 023023, (2021).

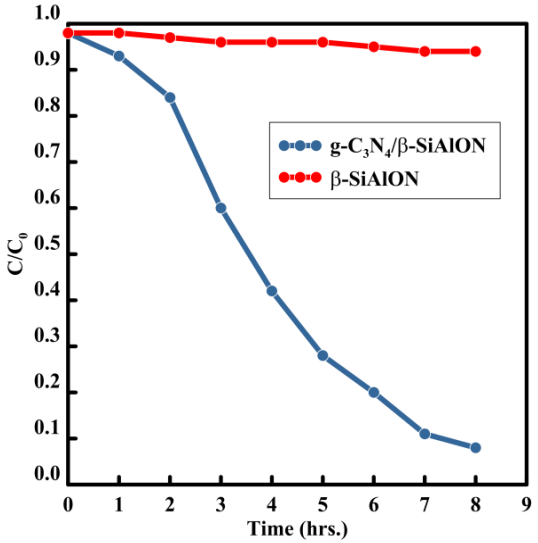
Томский научный центр СО РАН
Научно-исследовательский отдел структурной макрокинетики

Синтез пористых катализаторов на основе g-C_3N_4/β-$Si_3Al_3O_3N_5$/β-Si_3N_4 методом СВС и их каталитические свойства

Авторы: зав. лабораторией, к.т.н. Болгару К.А., Регер А.А., Акулинкин А.А.



Композитный материал g-C_3N_4/β-$Si_3Al_3O_3N_5$/β-Si_3N_4



Каталитическая активность нитридных композитов

Разработан способ получения пористого композиционного материала заданной формы методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) из дешевого и доступного ферросплава-ферросиликоалюминия. Полученные объемные композиты были модифицированы путем нанесения каталитически активных компонентов (g-C_3N_4) обладающих высокой фотокаталитической активностью для процессов деградации растворимых органических загрязнителей. Важной особенностью данных катализаторов является отсутствие в их составе дорогостоящих элементов, что делает их привлекательными для массового использования. Полученные каталитические материалы могут быть применены во многих областях, например, для решения экологических проблем, связанных с очисткой водных бассейнов.

Публикации: 1. K.A. Bolgaru, A.A. Reger, V.I. Vereshchagin, A.A. Akulinkin. Combustion synthesis of porous ceramic β-Si3N4-based composites with the use of ferroalloys // Ceramics International, 47 (**2021**) 34765-34773. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.09.015 (**Q1**)

2. A.A. Akulinkin, K.A. Bolgaru, A.A. Reger. Facile synthesis of porous g-C3N4/β-SiAlON material with visible light photocatalytic activity // Materials Letters, 305 (**2021**) 13078. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2021.130788 (**Q2**)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук

Высококонтрастные магнитооптические резонансы в парах атомов щелочных металлов в поле встречных циркулярно поляризованных волн

Авторы: *Д.В. Бражников, В.И. Вишняков, С.М. Игнатович, И.С. Месензова, А.Н. Гончаров*

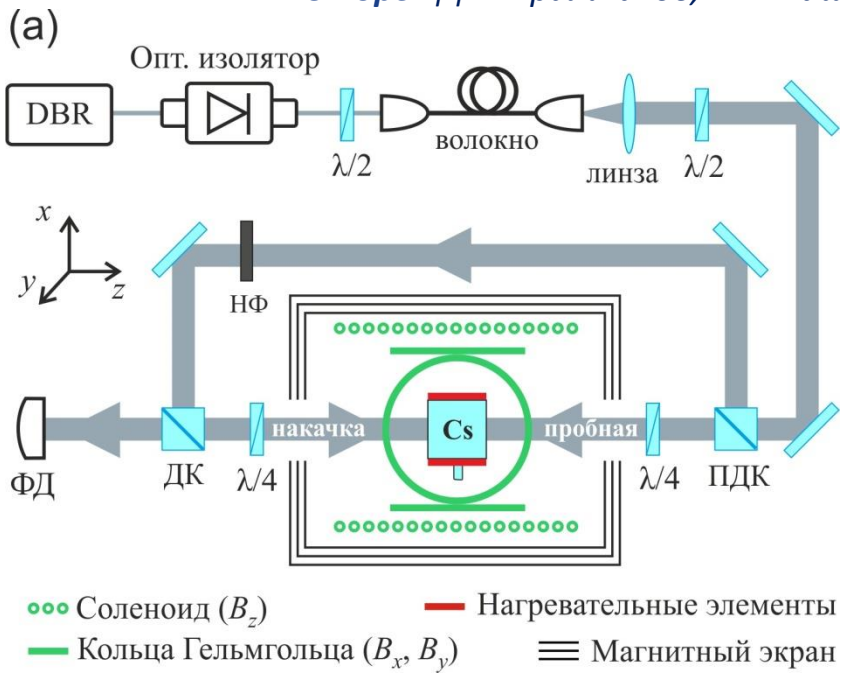


Схема экспериментальной установки: DBR – диодный лазер, НФ – нейтральный фильтр, ДК – делительный кубик, ПДК – поляризационный делительный кубик, ФД – фотодетектор.

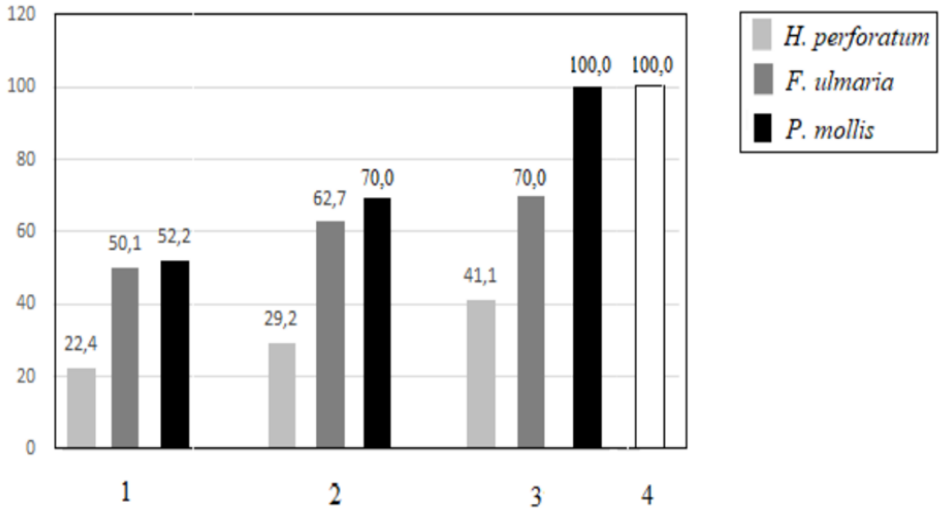
Предложена и исследована новая оптическая схема наблюдения высококонтрастных магнитооптических резонансов в газе атомов щелочных металлов. В оптимальном режиме зарегистрирован контраст резонансов 60% при их полной ширине ≅1мГс (100нТл). При этом отношение контраст/ширина достигает рекордных значений – в десятки раз больше в сравнении с другими схемами наблюдения. Рекордные характеристики нелинейных резонансов наблюдались при относительно невысокой температуре паров атомов Cs (≅55°C) в миниатюрной газовой ячейке ($V \cong 0.1 см^3$). Предложенная схема может быть использована для создания высокочувствительного компактного квантового сенсора магнитного поля, работающего при пониженной температуре ячейки, что представляет интерес для биомедицины и других приложений. Чувствительность такого сенсора, оцененная в пределе дробового (квантового) шума лазерного излучения, составляет ≅100фТл/$Гц^{1/2}$.

Публикации: *D.V. Brazhnikov, V.I. Vishnyakov, S.M. Ignatovich, I.S. Mesenzova, C. Andreeva, A.N. Goncharov, "High-contrast level-crossing resonances in a small cesium vapor cell for applications in atomic magnetometry", Applied Physics Letters, vol. 119, 024001 (2021).*

Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука», обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр» СО РАН

Исследование антимикробной и антирадикальной активности экстрактивных веществ дикорастущих растений Красноярского края

Авторы: А.А Ефремов, И.Д. Зыкова



Антирадикальная активность эфирных масел после добавления их в объеме 10 мкл (1), 20 мкл (2)и 30 мкл (3) к раствору 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (ДФПН-тест) за 30 мин (для сравнения: 4 – аскорбиновая кислота, вводимый объем 10 мкл)

Исследованы экстрактивные вещества и их физиологические свойства следующих дикорастущих растений Красноярья: душицы обыкновенной, тысячелистника обыкновенного, лабазника вязолистного, зверобоя продырявленного, медуницы мягкой.

Установлено, что значительную физиологическую активность проявляют экстрактивные вещества душицы обыкновенной. Начаты исследования по разделению экстрактивных веществ на отдельные классы химических соединений с использованием колоночной хроматографии. Разделенные классы химических соединений подвергаются анализу с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии для их полной идентификации.

Наиболее активные классы химических соединений из растительного сырья будут использованы в дальнейшем для получения препаратов лечебно-профилактического назначения.

Публикации:

1. А.А.Ефремов, И.Д.Зыкова Антирадикальная активность экстрактивных веществ тысячелистника обыкновенного Сибирского региона. Химия растительного сырья. № 2,2021, С.129-135.

2. И.Д.Зыкова, А.А.Ефремов. Антирадикальная активность эфирных масел лабазника вязолистного, зверобоя продырявленного и медуницы мягкой флоры Красноярского края. Химия растительного сырья. № 3, 2021, С.211-217.

3. A.A.Efremov, I.D.Zykova, V.A.Senasheva, I.D.Grodnitskaya, and N.V.Pashenova. Antimicrobial and Antiradical Activities of Individual Fractions of Pinus Sibirica Du Tour and Abies Sibirica Ledeb. Growing in Siberia. Russian Journal of Bioorganic Chemistry, №7, vol. 47, 2021, p. 83-88.

Альфвеновские волны, генерируемые баунс-дрейфовой неустойчивостью в кольцевом токе

Магер О.В.

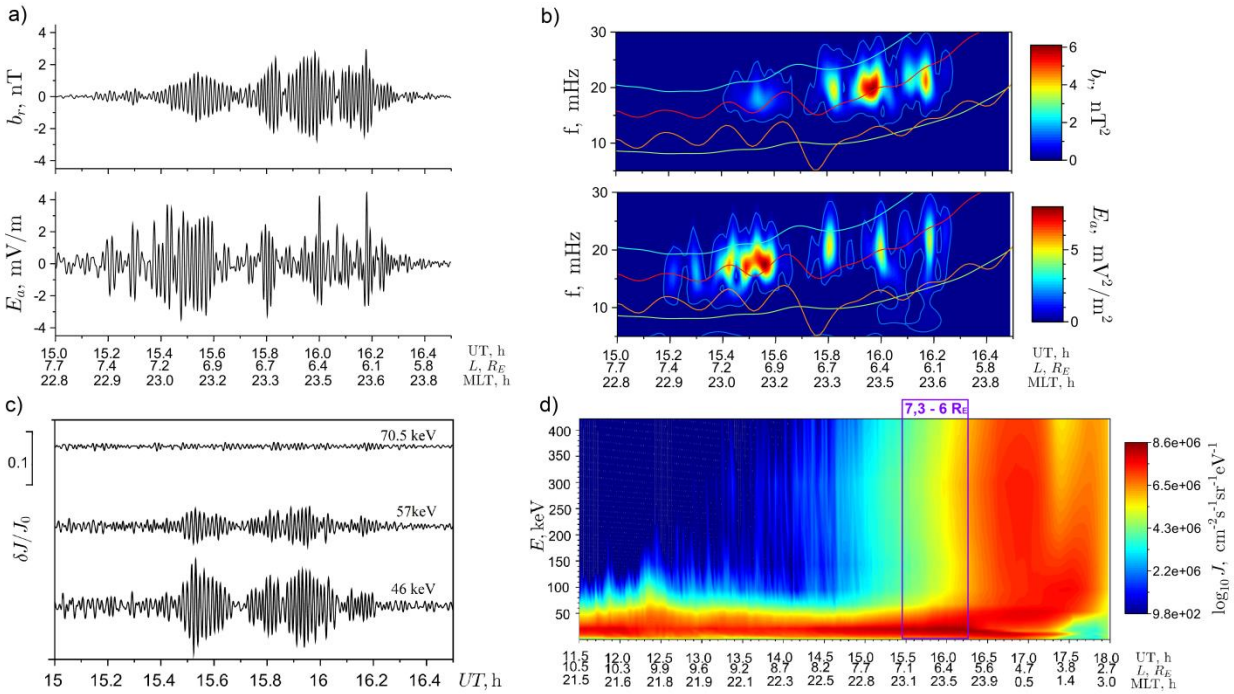


Рисунок 1. По данным спутника THD показаны: (a) - колебания радиальной b_r компоненты магнитного и азимутальной E_a компоненты электрического полей, (b) - их динамические спектры, цветные линии на спектрах - рассчитанные собственные альфвеновские частоты, (c) – колебания потоков протонов $\delta J/J_0$ с энергиями от 46 кэВ до 70.5 кэВ, (d) - потоки протонов в диапазоне энергий от 1 до 450 кэВ (7,3-6 R_E – область локализации колебаний).

Проведено исследование ультранизкочастотных волн, зарегистрированных спутниками миссии THEMIS в ночной магнитосфере, в области кольцевого тока. Три спутника последовательно с интервалом около 30-ти минут при похождении одной и той же области магнитосферы регистрировали колебания в магнитных и электрических полях с частотой около 18 мГц, сопровождающиеся модуляциями потоков протонов с энергиями около 50 кэВ с той же частотой. Установлено, что колебания являлись второй гармоникой стоячей вдоль силовых линий альфвеновской волны. При этом волна распространялась преимущественно на запад и имела азимутальную длину около 0.8 радиуса Земли. Показано, что волна находилась в баунс-дрейфовом резонансе с протонами с энергией 46 кэВ и генерировалась резонансной неустойчивостью, вызванной значительным направленным к Земле пространственным градиентом распределения потоков протонов кольцевого тока.

Публикации: *O.V. Mager. Alfvén waves generated through the drift-bounce resonant instability in the ring current: A THEMIS multi-spacecraft case study. Journal of Geophysical Research: Space Physics, V. 126, e2021JA029241, 2021. doi: 10.1029/2021JA029241.*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук

Модель газоразрядного устройства на принципе инжекции ионного пучка в планарный магнетрон

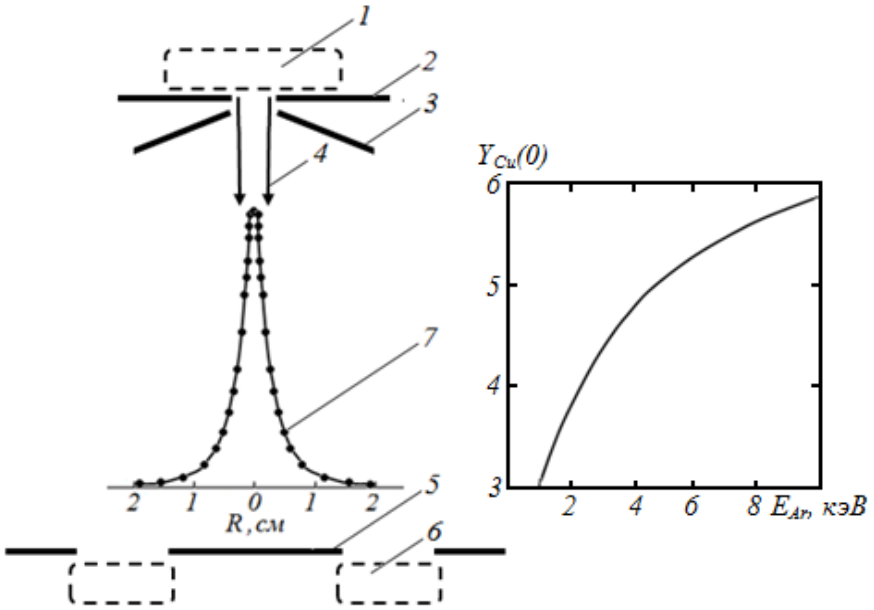


Схема газоразрядного устройства: 1-плазма, 2-катод, 3-ускоряющий электрод, 4-пучок ионов, 5-медный центральный анод магнетрона, 6-плазма магнетронного разряда, 7-распределение ионного тока на поверхности анода. Расчетная зависимость коэффициента распыления медного анода от энергии распыляющих ионов аргона.

Авторы: ***Семенов А.П., Семенова И.А., Цыренов Д.Б-Д., Николаев Э.О.***

Показано, в приближении переноса кинетической энергии в каскадах столкновений при инжекции 1–10 кэВ ионного пучка в магнетрон, коэффициент распыления медного анода магнетрона составляет 3–6 атомов на один падающий ион, что позволяет вносить и регулировать с высокой точностью и в малых долевых соотношениях (единицы ат. %) примесь, в частности медь, в условиях синтеза сверхтвердых TiN–Cu покрытий реактивным магнетронным распылением и направленно воздействовать на нанокристаллическую структуру покрытий. Новая модель технического решения потенциально открывает возможность контролируемого управления размерами кристаллитов в наращиваемом покрытии и, как следствие, нанесение сверхтвердых износо-, ударо-, тепло-, трещино- и коррозионностойких композитных покрытий полифункционального назначения TiN-Cu.

Публикации:

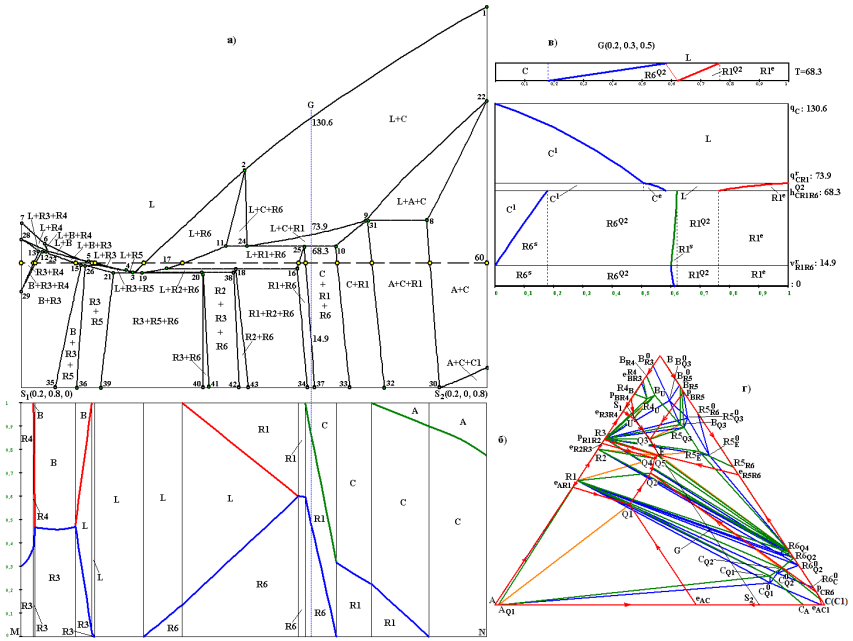
1. Semenov A.P., Semenova I.A., Tsyrenov D.B.-D., Nikolaev E.O. Physical sputtering of a copper anode of a planar magnetron by a beam of accelerated argon ions with an energy of 1–10 keV // Instruments and Experimental Techniques. – 2021. - Vol. 64. - No. 4. - P. 539–541.

2. Патент № 2752334 RU Газоразрядное распылительное устройство на основе планарного магнетрона с ионным источником / А.П.Семенов, И.А. Семенова, Д.Б.-Д. Цыренов, Э.О. Николаев // Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели». - 2021. - № 21.

3. Semenov A.P., Semenova I.A., Tsyrenov D.B-D., Nikolaev E.O. Properties of a low pressure magnetron discharge under the initiation of emission processes on discharge electrodes by an accelerated ions beam // Russian Physics Journal. - 2021. – Vol. 63. - P.1750-1756.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук

3Д модели изобарных фазовых диаграммы тройных бессвинцовых систем с оловом (верификация, валидация и цифровизация данных)



Диаграммы материального баланса: горизонтальная (б) – политермического разреза z1(Bi)=0.2 (а) при температуре T=60°C и вертикальная - сплава G(0.2, 0.3, 0.5) (в), x-y проекция T-x-y диаграммы системы Bi-In-Sn = A-B-C (г)

Авторы: Воробьева В.П., Зеленая А.Э., Зырянов А.М., Луцык В.И., Насрулин Э.Р., Парфенова М.Д.

В рамках решения актуальных экологических задач, а именно – замене Pb-содержащих материалов их бессвинцовыми аналогами, в ИФМ СО РАН проводится верификация и валидация опубликованной информации с последующей заменой издаваемых в Европе бумажных справочников, содержащих сведения о фазовых диаграммах тройных металлических систем, которые могли бы стать заменой свинецсодержащих сплавов без потери качества соответствующих припоев, на их электронные аналоги в виде пространственных (3D) компьютерных моделей изобарных фазовых диаграмм тройных систем.

Создан специальный электронный справочник 3D компьютерных моделей T-x-y диаграмм Sn-содержащих систем, который на первом этапе включает Ag-Bi-Sn, Ag-Cu-Sn, Ag-In-Sn, Ag-Ni-Sn, Ag-Sb-Sn, Al-Sn-Zn, Au-Ge-Sn, Bi-In-Sn, Bi-Sn-Zn, Cu-In-Sn, Cu-Ni-Sn, Cu-Sb-Sn, Cu-Sn-Zn, In-Sn-Zn. В зависимости от полноты и достоверности исходной информации, каждая 3D модель, как минимум, содержит поверхности ликвидуса, а как максимум – охватывает все поверхности, включая те, которые связаны с низкотемпературной полиморфной модификацией олова.

Публикации:

1. Parfenova M.D., Vorob'eva V.P., Lutsyk V.I. 3D Computer Model of the Ag-Cu-Ni T-x-y Diagram: Verification of Sections in the Atlas of Phase Diagrams for Lead-Free Soldering // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Chemical Series. 2021. V. 57. No 1. P. 15-24; doi: https://doi.org/10.29235/1561-8331-2021-57-1-15-24 (Scopus, РИНЦ).
2. Vorob'eva V.P., Zelenaya A.E., Lutsyk V.I., Sineva S.I., Starykh R.V., Novozhilova O.S. High-Temperature Area of the Fe-Ni-Co-Cu Diagram: Experimental Study and Computer Design // Journal of Phase Equilibria & Diffusion. 2021. V. 42. No 2. P. 175-193; doi: https://doi.org/10.1007/s11669-021-00863-3 (Web of Sci, Scopus).
3. Lutsyk, Vorob'eva V.P., Zelenaya A.E., Lamueva M.V. 3D Computer Model of the Co-Cu-CoS-Cu_2S Subsystem T-x-y Diagram above 800°C // Journal of Mining and Metallurgy. Section B: Metallurgy. 2021. V. 57. No 3. P. 319-329; doi:10.2298/JMMB190307028L.
4. Луцык В.И., Воробьева В.П., Зеленая А.Э., Зырянов А.М. Пространственная компьютерная модель фазовой диаграммы системы Ni-Co-Cu // Свидетельство о регистрации электронного ресурса №24115. Объединенный фонд электронных ресурсов «Наука и образование». 2019.
5. Луцык В.И., Воробьева В.П., Зеленая А.Э., Зырянов А.М. Трехмерные компьютерные модели фазовых диаграмм тройных систем с одним разрывом растворимости // Свидетельство о регистрации электронного ресурса №24084. Объединенный фонд электронных ресурсов «Наука и образование». 2019.

Формирование перспективных нанокомпозитов на основе углеродных материалов и металлоксидных наночастиц для применения в качестве материалов для электродов суперконденсаторов

Авторы: ***В.В. Болотов, С.Н. Несов, В.А. Сачков, С.Н. Поворознюк, Ю.А. Стенькин, Е.В. Князев.***

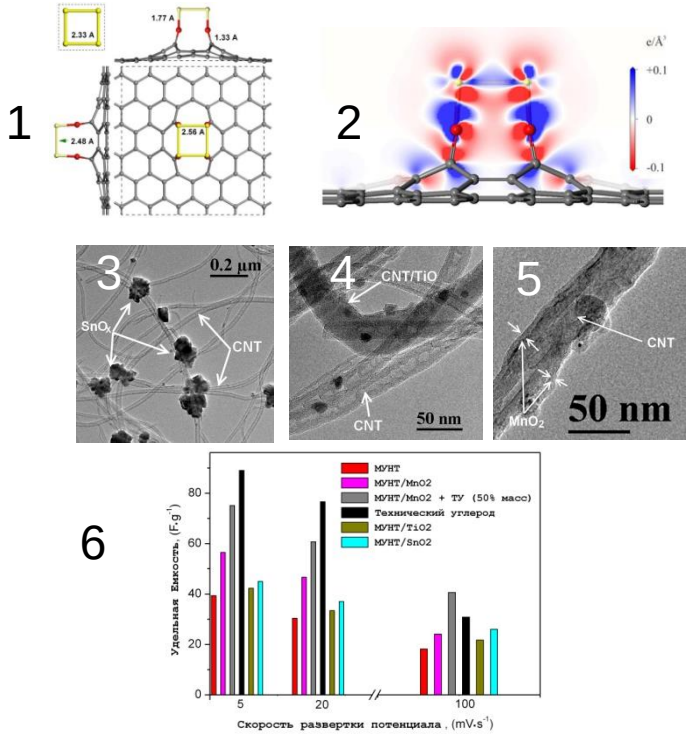


Рис. 1 - Фрагмент графеновой плоскости с дивакансионным кластером после присоединения кластера Ti; 2 - Смещение электронной плотности в данной структуре; 3, 4, 5 -ПЭМ-изображения нанокомпозитов МУНТ/MeO; 6 - зависимость удельной емкости материалов от скорости развертки потенциала

Произведено моделирование на основе теории функционала плотности (DFT) новых композитных структур УНТ/MeO и проанализированы их электронные свойства. Показано, что присоединение кластеров металлов к вакансионным дефектам в стенках МУНТ является энергетически выгодным процессом и приводит к образованию устойчивой химической связи, что подтверждается данными ПЭМ. Синтезированные новые композитные материалы на основе различных углеродных матриц (многостенных углеродных нанотрубок(МУНТ), технического углерода) и оксидов металлов ,а также углерод-углеродные композиты на основе углеродных нанотрубок и технического углерода показали высокие значения емкости при скоростях развертки 100 мВ/с, не уступающие значениям промышленно используемому техническому углероду («Printex XE 2-B»). Повышенная скоростная способность композитных материалов обусловлена улучшением транспорта зарядов, обеспечиваемого тубулярной структурой углеродных нанотрубок.

Публикации:

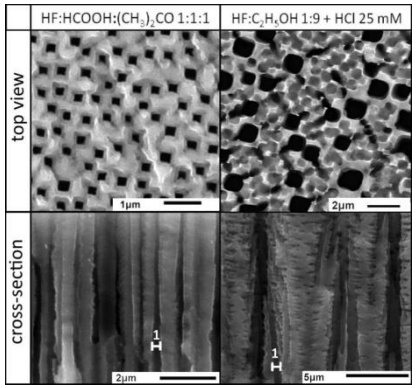
P.M. Korusenko, S. N. Nesov, A. A. Iurchenkova, E. O. Fedorovskaya, V. V. Bolotov, S. N. Povoroznyuk, D. A. Smirnov, A. S. Vinogradov. Comparative study of the structural features and electrochemical properties of nitrogen-containing multi-walled carbon nanotubes after ion-beam irradiation and hydrochloric acid treatment // Nanomaterials. – 2021. –V. 11. Art No 2163. - P. 1-19. - https://doi.org/10.3390/nano11092163

П. М. Корусенко, С. Н. Несов, В. В. Болотов, С. Н. Поворознюк, Е. О. Федоровская. Исследование состава и структуры слоя твердого электролита, сформированного на поверхности материала на основе нанокомпозита SnOx/Sn@MWCNTs // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2021. – Т. 57, № 1. - С. 65–73. - DOI: 10.31857/S0044185621010137

Многоуровневые газопроницаемые структуры с различными типами пористого кремния

Авторы: В.В. Болотов, К.Е.Ивлев, Е.В. Князев, И.В. Пономарева, Д.В. Соколов

1



2

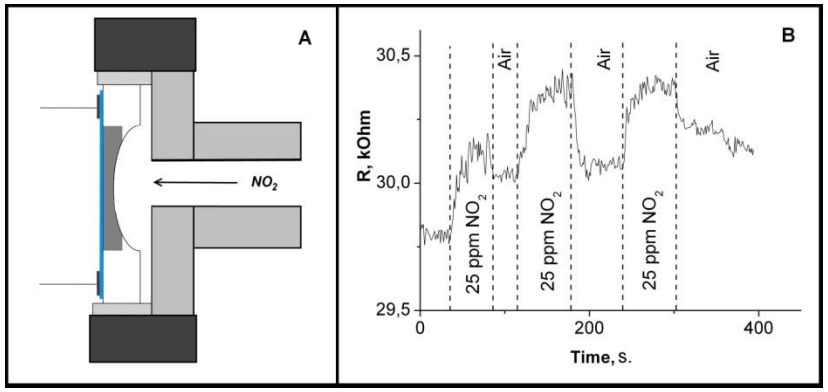


Рис. 1
1 РЭМ изображения мембран, полученных с использованием различных электролитов;
2 А -схема газовой ячейки, для проведения испытаний; 2 В -график зависимости сопротивления тестовой структуры от времени, при пропускании 25 ppm NO_2;

- Определены особенности формирования фильтрующих слоев на основе канального кремния с размерами каналов 150-400 нм, полученных в электролитах с добавлением окислителей. Наблюдается корреляция между диаметром каналов и сенсорным откликом, при пропускании газов-аналитов через мембраны.
- Разработана лабораторная технология получения газопроницаемых многослойных структур макропористый кремний/оксид кремния/оксид металла и структур. Показана возможность создания интегрированной газопроницаемой мембраны и исследован отклик структуры к потоку газа с малыми концентрациям NO_2. Отклик тестовой структуры на аналитическую смесь с концентрацией диоксида азота 25 ppm составил 1,1 %.

Публикации: V.V. Bolotov, K.E. Ivlev, E.V. Knyazev, I.V. Ponomareva, V. E. Roslikov. Formation of Channel Silicon for Integrated Membranes. AIP Conference Proceedings.

2. Разработка методики определения параметров пространственно-углового распределения космических лучей на основе измерений мюонных телескопов

Авторы: *П.Ю. Гололобов, В.Г. Григорьев, С.А. Стародубцев, А.С. Зверев, С.К. Герасимова (ИКФИА СО РАН)*

На основе данных измерений мировой сети мюонных телескопов создана методика определения параметров пространственно-углового распределения космических лучей в межпланетной среде. Методика представляет собой дальнейшее развитие созданного в 1967 году в ИКФИА СО РАН метода глобальной съемки, изначально основанного на данных мировой сети нейтронных мониторов. Установлено, что при использовании данных даже малого числа мюонных телескопов, но за счет большого количества узких направлений прихода частиц на детекторы и низкой чувствительности регистрируемых ими космических лучей к мелкомасштабным неоднородностям солнечного ветра, параметры анизотропии космических лучей более стабильны (Рисунок 2). Разработанная методика предназначена для решения фундаментальных задач в области физики космических лучей и гелиосферы, а также прикладных вопросов прогноза космической погоды.

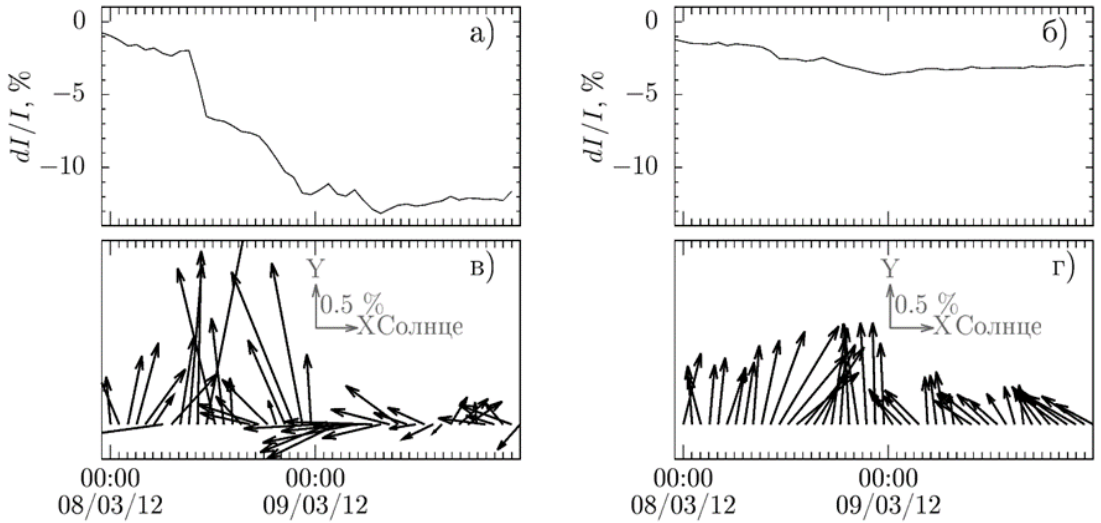


Рисунок 2. Зависимость от времени параметров пространственно-углового распределения космических лучей для периода 8-9 марта 2012 г., полученные методом глобальной съемки с использованием данных измерений нейтронных мониторов (а, в) и мюонных телескопов (б, г). На панелях а) и б) показаны вариации изотропной интенсивности, а на панелях в) и г) - изменения вектора 1-й гармоники пространственно-углового распределения (суточной анизотропии) космических лучей.

Публикация: Gololobov P.Yu., Grigoryev V.G., Starodubtsev S.A., Zverev A.S., Gerasimova S.K. Method of global survey involving data of muon telescope network // Astroparticle Physics. 2021. V.131. 102586. DOI:10.1016/j.astropartphys.2021.102586 (WoS, Q2)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

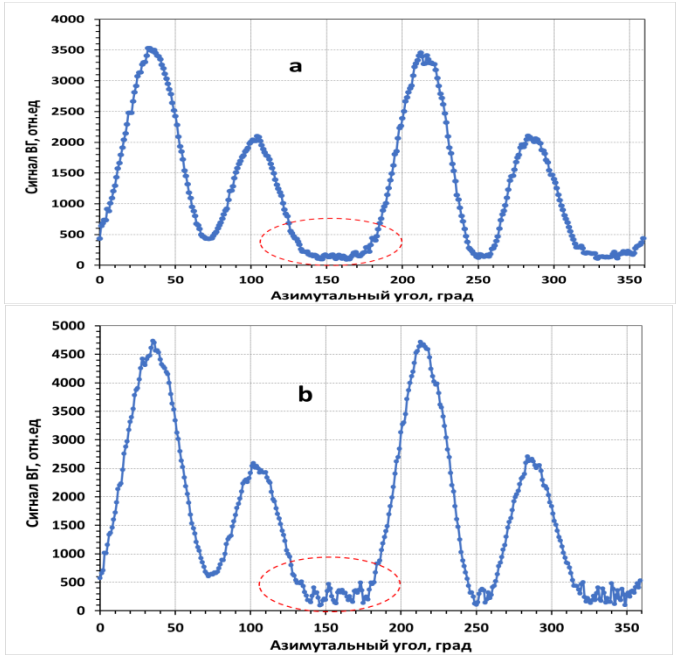
Конструкторско-технологический институт научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА СЛОЕВ ГЕТЕРОСТРУКТУР (013)HGCDTE/CDTE/ZNTE/GAAS МЕТОДОМ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ

Авторы: Ступак М.Ф.[1], Дворецкий С.А.[2], Михайлов Н.Н.[2], Макаров С.Н.[1], Елесин А.Г.[1], Верхогляд А.Г.[1]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Конструкторско-технологический институт научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук (КТИ НП СО РАН)

[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН)



Экспериментальные графики азимутальной зависимости сигнала отраженной второй гармоники от слоев структуры 1КРТ180130: a – фрагмент исходного образца 1КРТ180130, отсутствуют разориентированные микроучастки; b – фрагмент после химического травления на глубину ~6,5 мкм, наличие разориентированных микроучастков явно проявляется в области минимумов.

Совместными усилиями специалистов КТИ НП СО РАН и ИФП СО РАН проведены углубленные исследования по выявлению основных возможностей локального экспрессного количественного контроля кристаллических параметров слоев гетероструктур КРТ и подложечного материала GaAs методом генерации второй гармоники зондирующего лазерного излучения. Результаты исследований позволяют оптимизировать процесс отработки технологии эпитаксиального выращивания гетероструктур КРТ.

Благодаря высокой степени объемной локализации метода впервые зафиксировано (на некоторых этапах процесса выращивания) появление в слоях гетероструктур КРТ разориентированных микроучастков (рис. 1).

Впервые по характеристикам сигнала второй гармоники продемонстрировано in situ обратимое лучевое воздействие лазерного излучения повышенной интенсивности, когда в процессе нагрева локальная приповерхностная зона постепенно теряла свойства симметрии своего класса. При сохранении общей нецентросимметричности гетероструктуры появлялись сильно разупорядоченные микроучастки гетероструктуры КРТ, дававшие диффузную составляющую в сигнал второй гармоники. Такой in situ контроль открывает новые возможности для управления процессом локального лазерного отжига гетероструктур.

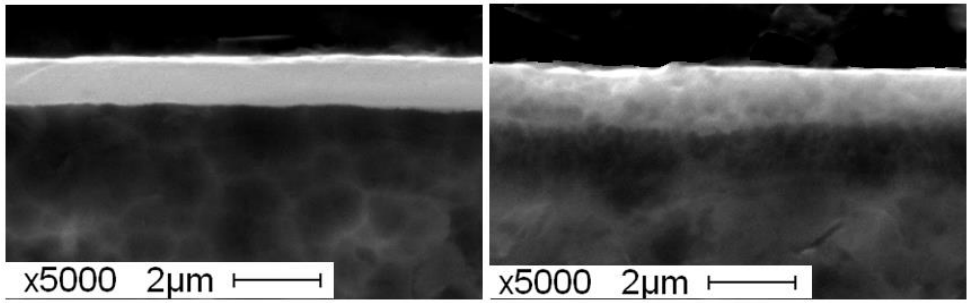
Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в части проекта АААА-А20-120102190007-5 и при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-29-20053).

1. Высокочувствительная экспрессная нелинейно-оптическая диагностика кристаллического состояния гетероструктур типа сфалерита / М.Ф. Ступак, Н.Н. Михайлов, С.А. Дворецкий, С.Н. Макаров, А.Г. Елесин, А.Г. Верхогляд // Журнал технической физики. – 2021. – Т. 91. – № 11. – С. 1799-1808. – DOI: 10.21883/JTF.2021.11.51546.34-21.

2. Характеризация кристаллического совершенства слоев гетероструктур (013)HgCdTe/CdTe/ZnTe/GaAs методом генерации второй гармоники / С.А. Дворецкий, М.Ф. Ступак, Н.Н. Михайлов, С.Н. Макаров, А.Г. Елесин, А.Г. Верхогляд // Автометрия. - 2021. – Т. 57. - № 5. – С. 18-28. - DOI: 10.15372/AUT20210503.

Формирование высокоадгезионного хром-циркониевого поверхностного сплава

Авторы: к. ф.-м. н. Марков А.Б., Яковлев Е.В., к. т. н. Соловьев А.В., Петров В.И., Пестерев Е.А., к. т. н. Слободян М.С.



Структура исходных многослойных покрытий до (слева) и после формирования поверхностного сплава (справа). На рисунке слева: светлый слой сверху – хром после магнетронного осаждения, темный снизу – подложка из циркония. На рисунке справа: светлый слой сверху – поверхностный сплав, темный снизу – подложка из циркония.

Сформирован коррозионностойкий, жаростойкий, высокоадгезионный хром-циркониевый поверхностный сплав. Сплав синтезировался на циркониевой подложке путем многократного электронно-пучкового облучения хромовых покрытий, нанесенных путем магнетронного осаждения. Обнаружено пороговое соотношение элементов, при котором в формируемом хром-циркониевом поверхностном сплаве полностью отсутствуют дефекты в виде трещин. Обнаружено, что при формировании поверхностного сплава происходит стабилизация высокотемпературных фаз циркония и соединения $ZrCr_2$. Сформированное покрытие из хром-циркониевого поверхностного сплава обладает высокими показателями твердости, износостойкости и жаростойкости. Твердость синтезированного Cr-Zr поверхностного сплава в 2.5 раза выше, чем у исходной подложки из циркония, а износостойкость выше в 1.7 раза. Полученный поверхностный сплав обладает высокими адгезионными свойствами по сравнению с магнетронным покрытием из хрома.

Публикации: 1. Markov A.B., Yakovlev E.V., Solovyov A.V., Pesterev E.A., Petrov V.I., Slobodyan M.S. Formation of a Cr-Zr surface alloy using a low-energy high-current electron beam // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – V. 2064. – 012063. 10.1088/1742-6596/2064/1/012063 (**Q**)
2. Slobodyan M.S. Arc welding of zirconium and its alloys: A review // Progress in Nuclear Energy. – 2021. – V. 133. – No. 103630. – P. 1-49. https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2021.103630 (**Q1**)

ИНСТИТУТ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ им. В.Е. ЗУЕВА СО РАН

Высокочувствительный спектрометр внутрирезонаторного затухания и регистрация спектров высокого разрешения

С.С. Васильченко, А.А. Луговской, С.Н. Михайленко

Рис.1. Спектрометр. На переднем плане – кювета с высоко отражающими зеркалами, внизу – турбомолекулярный насос

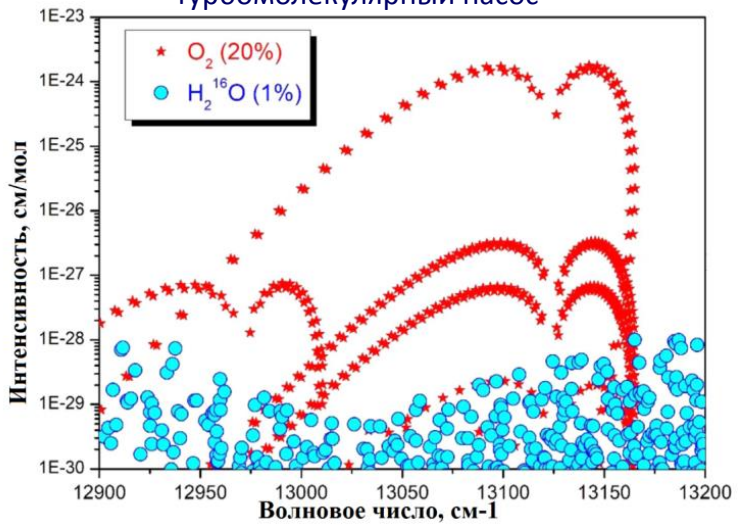


Рис.2. Обзор списка линий кислорода (★) и водяного пара (●) в области A-полосы O_2. Интенсивности линий умножены на 0.2 и 0.01, чтобы учесть содержание кислорода и водяного пара в атмосфере соответственно

В ИОА СО РАН впервые создан лазерный спектрометр внутрирезонаторного затухания, не имеющий аналогов в России (рис.1), и зарегистрированы спектры поглощения паров воды в диапазоне 745–775 нм (12970–13420 $см^{-1}$). Использование спектрометра позволило достичь рекордной в данной области чувствительности по коэффициенту поглощения на уровне $\alpha_{min} = 5\times10^{-11}$ $см^{-1}$, что соответствует мировому уровню метода спектроскопии внутрирезонаторного затухания. Полученные данные (рис. 2) существенно точнее учитывают поглощение паров воды в области A-полосы кислорода, используемой для атмосферных измерений, и позволили провести анализ полноты и точности современных спектроскопических баз данных по молекуле воды.

1. Vasilchenko S., Mikhailenko S.N., Campargue A. Water vapor absorption in the region of the oxygen A-band near 760 nm // *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*. 2021. V.275. 107847.
2. Campargue A., Mikhailenko S.N., Kassi S., Vasilchenko S. Validation tests of the W2020 energy levels of water vapor // *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*. 2021. V.276. 107914.