

1.1 Новый эффект безызносного трения

А.В. Макаров¹, Е.В. Харанжевский², В.А. Сирош¹, А.Г. Ипатов³, Н.Н. Соболева⁴,
Е.Г. Волкова¹, Ф.З. Гильмутдинов⁵

¹Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

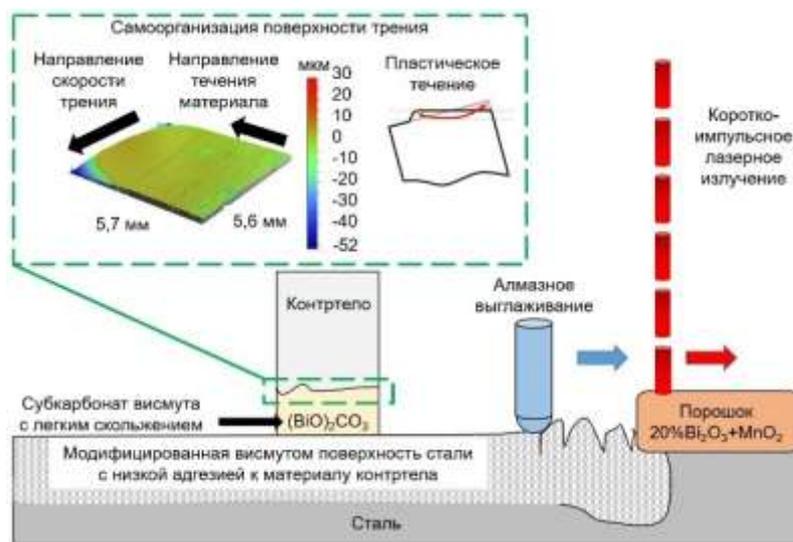
²Удмуртский государственный университет, г. Ижевск

³Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск

⁴Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова УрО РАН, г. Екатеринбург

⁵Удмуртский Федеральный исследовательский центр УрО РАН, г. Ижевск

Установлен новый эффект безызносного трения в условиях граничного трения скольжения при скоростях до 9 м/с и нагрузке до 250 Н алюминиевого сплава по стали, модифицированной висмутом короткоимпульсным лазерным оплавлением. Природа нового эффекта основана не на избирательном массопереносе (эффект безызносности при трении Гаркунова-Крагельского), а определяется подавлением адгезии между трущимися телами в результате модифицирования висмутом, образованием трибослоев субкарбоната висмута с легким базисным скольжением тетрагональной решетки, уменьшением механической составляющей трения алмазным выглаживанием поверхности, процессами самоорганизации поверхностей трения за счет выгодного перераспределения материала в зоне контакта и высокой циклической прочностью алюминиевых сплавов. Модифицированные висмутом поверхности демонстрируют сверхнизкий коэффициент трения скольжения (до 0,03) без подачи смазки в парах с контртелами из бронзы,



алюминиевого сплава и чугуна. Данное явление открывает новую страницу в понимании эффекта безызносности и сверхнизкого коэффициента трения, а результаты исследований имеют высокий научный и практический потенциал. Рисунок 1.1 – Схема реализации нового эффекта безызносного трения и сверхнизкого коэффициента трения

1. [Эффект безызносности при поверхностном легировании стали висмутом](#) / А.В. Макаров, Е.В. Харанжевский, А.Г. Ипатов, В.А. Сирош, Н.Н. Соболева, Е.Г. Волкова. – Текст: непосредственный // Трение и износ. — 2024. — V. 45 – No. 6. — P. 558—568.
2. Makarov A.V., Sirosh V.A., Soboleva N.N., Volkova E.G., Ipatov A.G., Gil'mutdinov F.Z. and Kharanzhevskiy E.V. Ultralow Wear in Boundary Lubrication: A Tribological Study of Bi-Alloyed Steel under High Normal Loads and Sliding Speeds // Friction. – 2025. – V. 13. – 9441049.
3. [Обеспечение технологического суверенитета России в металлургии и машиностроении](#) / А.В. Макаров, А.А. Иноземцев, В.Г. Дегтярь, Е.В. Харанжевский, А.Б. Котельников, А.А. Вопнерук. – Текст: непосредственный // Вестник Российской академии наук. — 2024. — V. 94 – No. 3. — P. 232—245.
4. Патент РФ 2826632. Способ получения износостойкого антифрикционного покрытия на подложке из стали, никелевого или титанового сплава / Е.В. Харанжевский, А.Г. Ипатов, А.В. Макаров. – Оpubл. в БИМП 16.09.2024. – Бюл. № 26.
5. [Towards eliminating friction and wear in plain bearings operating without lubrication](#) / E.V. Kharanzhevskiy, A.G. Ipatov, A.V. Makarov, F.Z. Gil'mutdinov. – Текст: непосредственный // Scientific Reports. — 2023. — V. 13. — P. 17362—17374.

1.3.2.10. Физическое материаловедение и физика дефектов

Работа выполнена по проекту РНФ 19-79-20012 (ИФМ УрО РАН – объект научной инфраструктуры мирового уровня).

1.2 Высоочастотные магнитные свойства 3D нанокомпозитов с учетом их внутренней структуры

Д.В. Перов, А.Б. Ринкевич, Е.А. Кузнецов, М.А. Уймин, Ю.В. Корх
Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

Проведено экспериментальное и теоретическое исследование распространения электромагнитных волн в 3D нанокомпозитах, содержащих наноразмерные сферические частицы железа, помещенных в эпоксидную матрицу. Композиты имеют неоднородную внутреннюю структуру, что обусловлено процессами агрегации, приводящими к образованию в среде объектов несферической формы и кластеров, усиливающимися при добавлении в нанокомпозит углеродных нанотрубок. Показано, что данные факторы оказывают существенное влияние на высоочастотные магнитные параметры таких сред, в частности на соотношение между частотой и полем ферромагнитного резонанса, ширину и форму резонансной линии, а, следовательно, и на характеристики распространяющихся в нанокомпозитах волн, определяемые при микроволновых измерениях. Также установлено, что диссипация мощности электромагнитных волн усиливается по мере увеличения концентрации железа в композите, причем она резко возрастает при добавлении малого количества углеродных нанотрубок. Данные материалы могут использоваться в качестве радиопоглощающих материалов, а также при создании микроволновых устройств, управляемых постоянным магнитным полем.

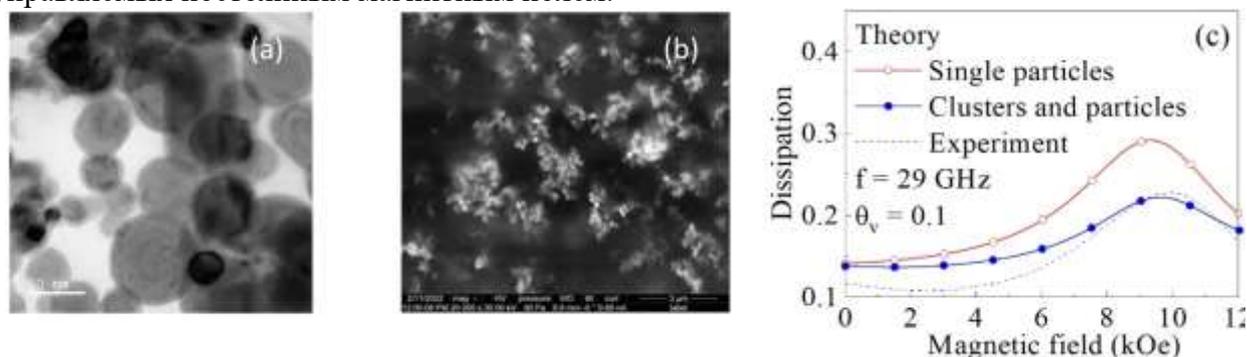


Рисунок 1.2 – Изображения внутренней структуры 3D нанокомпозита (а), (б); доля поглощенной мощности (с)

1. [Electromagnetic waves attenuation in composite with Fe nanoparticles](#) / D.V. Perov, E.A. Kuznetsov, A.B. Rinkevich, O.V. Nemytova, M.A. Uimin, A.S. Konev. – Текст: непосредственный // J. Magn. Magn. Mater. — 2023. — V. 588. — 171459.
2. [Interaction of microwaves with nanocomposites containing Fe particles](#) / D.V. Perov, E.A. Kuznetsov, A.B. Rinkevich, O.V. Nemytova, M.A. Uimin. – Текст: непосредственный // Photonics Nanostruct.: Fundam. Appl. — 2024. — V. 58. — 101214.
3. [Scanning probe microscopy and microwave phenomena in composite containing iron nanoparticles and carbon nanotubes](#) / Y.V. Korkh, M.O. Ryabukhin, E.A. Kuznetsov, D.V. Perov, O.V. Nemytova, A.S. Klepikova, A.B. Rinkevich, M.A. Uimin. – Текст: непосредственный // Fuller. Nanotub. Carbon Nanostruct. — 2024. — Т. 32. — С. 817—827.
4. [Microwaves in ferromagnetic composites Fe/Epoxy with aggregates of nanoparticles: Theory and experiment](#) / D.V. Perov, Y.V. Korkh, E.A. Kuznetsov, O.V. Nemytova, A.B. Rinkevich, M.A. Uimin, A.S. Konev. – Текст: непосредственный // Photonics Nanostruct.: Fundam. Appl. — 2024. — V. 62. — 101311.
5. [Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024686436 Российская Федерация](#). MuCompClustH: № 2024686221: заявлено 08.11.24: опубликовано 08.11.24, Бюл. №11 / Перов Д.В.; правообладатель ФГБУН ИФМ УрО РАН — 1 с.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН
Рег. № 122021000036-3, Шифр «Спин»

1.3 Пироксены на основе кобальта: новый объект для исследования эффектов Китаевской физики

П.А. Максимов^{1,2}, А.В. Ушаков¹, А.Ф. Губкин¹, Г.Дж. Редхаммер³, С.М. Винтер⁴,
А.И. Колесников⁵, А.М. дос Сантос⁵, Ж. Гэй⁵, М.А. Макгир⁵, А. Подлесняк⁵, С.В. Стрельцов¹

¹Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

²Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия

³Университет Зальцбурга, г. Зальцбург, Австрия

⁴Университет Уэйк Форест, г. Нью Йорк, США

⁵Национальная лаборатория Ок-Ридж, г. Ок-Ридж, США

Проведено комплексное исследование магнитных свойств пироксена на основе кобальта $\text{SrCoGe}_2\text{O}_6$ при помощи измерений магнитных и тепловых свойств, неупругого рассеяния нейтронов, а также первопринципных расчетов и теоретического моделирования в рамках линейной спин-волновой теории. Измерения теплоемкости и неупругое рассеяние тепловых нейтронов подтвердили, что магнитные свойства данного соединения определяются дублетным основным состоянием с псевдоспином $J_{\text{eff}}=1/2$, что является необходимым условием для реализации модели Китаева. Эксперимент по неупругому рассеянию холодных нейтронов продемонстрировал наличие щели в спектре магнитных возбуждений $\text{SrCoGe}_2\text{O}_6$ при том, что спектр возбуждений одномерного гейзенберговского антиферромагнетика должен быть бесщелевым. Первопринципные расчеты и моделирование в рамках линейной спин-волновой теории показали, что спектр магнитных возбуждений $\text{SrCoGe}_2\text{O}_6$ может быть описан в рамках модели Китаева-Гейзенберга. Энергия Китаевского обмена оказалась сравнимой с энергией гейзенберговского обмена $K/|J|=0.96$ и, следовательно, семейство пироксенов на основе кобальта является новым перспективным объектом для изучения эффектов Китаевской физики.

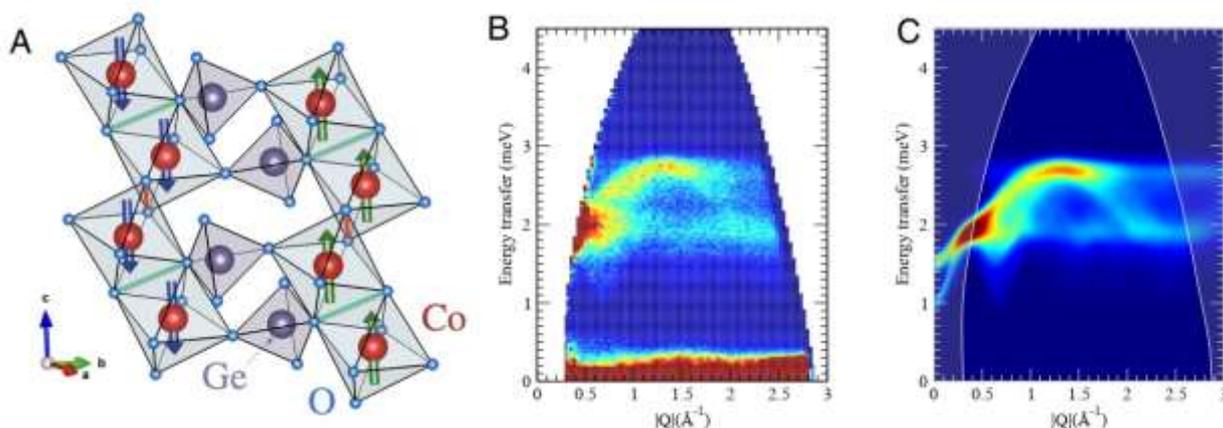


Рисунок 1.3 – (А) Кристаллическая и магнитная структура $\text{SrCoGe}_2\text{O}_6$, (В) данные неупругого рассеяния нейтронов на порошковом образце $\text{SrCoGe}_2\text{O}_6$, (С) результат моделирование спектра магнитных возбуждений соединения $\text{SrCoGe}_2\text{O}_6$ в рамках спин-волновой теории

[Cobalt-based pyroxenes: A new playground for Kitaev physics](#) / P.A. Maksimov, A.V. Ushakov, A.F. Gubkin, G.J. Redhammer, S.M. Winter, A.I. Kolesnikov, A.M. dos Santos, Z. Gai, M.A. McGuire, A. Podlesnyak, S.V. Streltsov – Текст: непосредственный // PNAS. — 2024. — V. 121. — P. e2409154121.

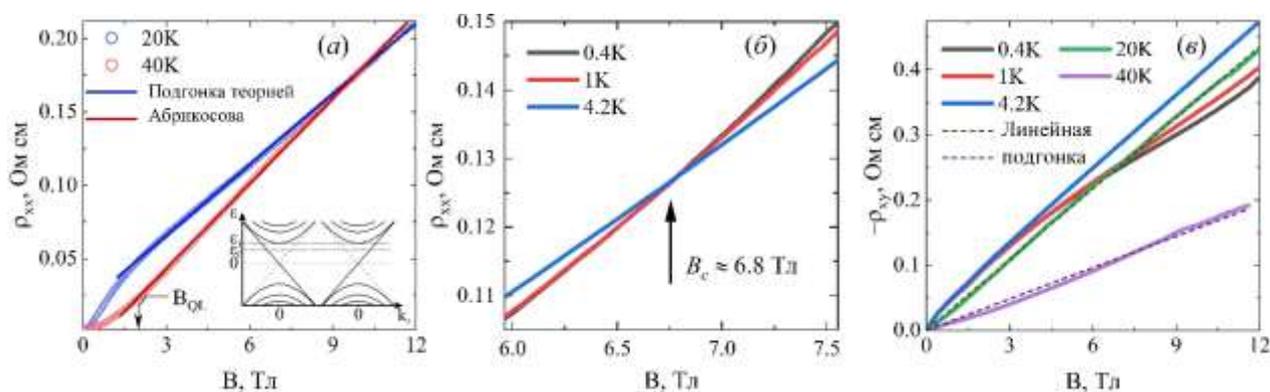
1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение. Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000031-8, Шифр «Поток» и по проекту РНФ 23-12-00159.

1.4 Квантовое линейное магнитосопротивление и индуцированный магнитным полем переход металл-изолятор в ультрачистом монокристалле селенида ртути

А.Т. Лончаков, С.Б. Бобин

Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

В ультрачистом монокристаллическом образце HgSe в диапазоне температур (20 – 40) К обнаружены линейное поперечное магнитосопротивление с рекордной для халькогенидов ртути величиной 15000 % и линейное холловское сопротивление в квантовом пределе при изменении поля от ≈ 2 до 12 Тл. Эти эффекты описаны теорией А.А. Абрикосова квантового линейного магнитосопротивления, обеспечив ее первое экспериментальное подтверждение. Тем самым впервые на примере кандидата в полуметаллы Вейля HgSe продемонстрирована возможность реализации квантового линейного магнитосопротивления Абрикосова в топологических материалах в квантовом пределе, в котором электроны имеют релятивистский закон дисперсии. С понижением температуры в системе с низкой электронной плотностью существенными становятся эффекты межэлектронного взаимодействия. Как следствие, в диапазоне температур (0.4 – 4.2) К в ультрачистом HgSe обнаружен переход металл-изолятор, магнитное поле которого (6.8 Тл) удовлетворяет критерию стабилизации вигнеровской фазы в квантовом пределе. Это дает основание полагать, что впервые в халькогенидах ртути выявлена вигнеровская кристаллизация электронного газа в магнитном поле.



(а) Зависимость поперечного магнитосопротивления ρ_{xx} от магнитного поля при температуре 20 К и 40 К. Стрелкой отмечено магнитное поле перехода к квантовому пределу $B_{QL} = 1.8$ Тл. Сплошные прямые – подгонка экспериментальных данных формулой Абрикосова для квантового линейного магнитосопротивления. На вставке: схематическое представление спектра Ландау для полуметалла Вейля. Положение уровня Ферми ε_F соответствует квантовому пределу; ε_1 – энергия уровня Ландау с $N = 1$. (б) Демонстрация перехода металл-изолятор в магнитном поле при низких температурах. B_c – критическое поле перехода. (в) Зависимость холловского сопротивления ρ_{xy} от магнитного поля при разных температурах. Пунктирные прямые – линейная подгонка экспериментальной зависимости $\rho_{xy}(B)$ при температуре 20 К и 40 К.

Рисунок 1.4 – Поперечные магнитотранспортные эффекты в ультрачистом монокристалле HgSe

[Quantum linear magnetoresistance and magnetic-field-induced metal–insulator transition in the Weyl semimetal candidate HgSe](#) / А.Т. Lonchakov, S.B. Bobin. – Текст: непосредственный // Journal of Applied Physics. — 2024. — V. 135. — P. 235703—235708. Статья опубликована с пометкой «Editor's Pick» (выбор редакции).

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение. Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег.№. 122021000039-4, Шифр «Электрон».

**Наиболее значимые результаты исследований ИФМ УрО РАН 2024 года,
выполненные в рамках государственного задания**

2.1 Определение концентрации лития в пластовых водах методом ЯМР-релаксометрии

И. В. Бызов¹, С. В. Жаков¹, А. А. Мысик¹, И. А. Кунаккужин²

¹Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

²АО «СибНефтеГаз» ПАО НК «РОСНЕФТЬ», г. Новый Уренгой

Разработан метод определения концентрации лития в пластовых водах на основе ЯМР-релаксометрии. Используется измерение СРМГ- последовательности (метод Карра-Парселла-Бейбума-Гилла). Концентрация лития определяется по начальной точке кривой спин-спиновой релаксации. Разработан и изготовлен переносный прибор: ЯМР-релаксометр, в котором реализован предложенный метод, позволяющий оперативно определять содержание лития при концентрациях, представляющих промышленный интерес. Эксперименты на пластовых водах из скважин восточной Сибири показали хорошее согласие предлагаемого метода с методом индукционно связанной плазмы (ИСП).

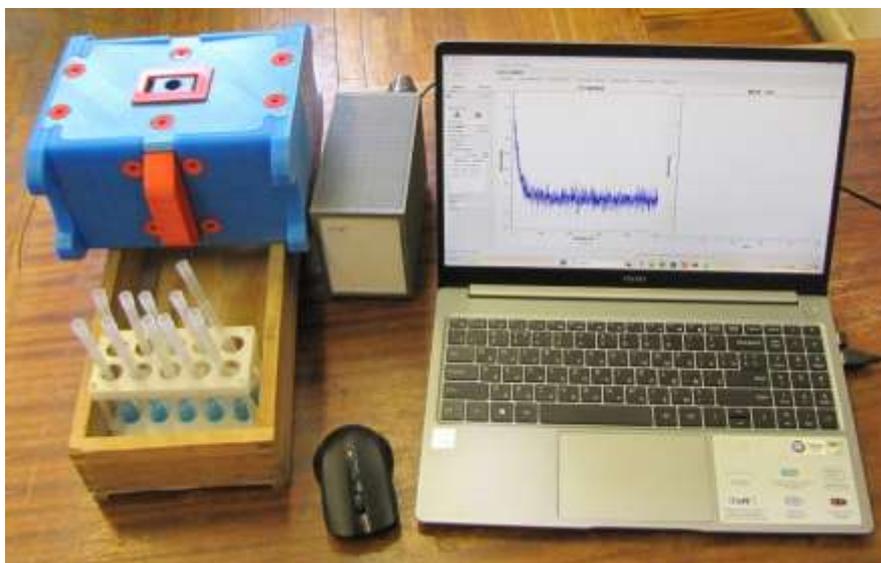


Рисунок 2.1 – ЯМР-релаксометр для определения концентрации лития в воде

1. [Determining Lithium Concentration in Formation Waters by NMR Relaxometry](#) / I.V. Byzov, S.V. Zhakov, A.A. Mysik, I.A. Kunakkuzhin. – Текст: непосредственный // Russian journal of nondestructive testing. — 2024. — V. 60. — P. 835—839.

2. И.В. Бызов, С.В. Жаков, А.А. Мысик. Способ определения концентрации атомов лития в пластовых водах нефтяных и газовых скважин ЯМР-способом. Заявка на изобретение № 2024133550 от 08.11.2024.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000034-9, Шифр «Магнит»

2.2 Тепловой неразрушающий контроль корундовых керамических пластин

С.Е. Черных¹, В.П. Вавилов², В.Н. Костин¹, Ю.И. Комоликов¹

¹Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

²Томский политехнический университет, г. Томск

Определены возможности и оптимальные способы теплового контроля целостности корундовых керамических пластин. Сопоставлены схемы одно- и двухстороннего теплового контроля. В качестве источника постоянного нагрева использованы галогенные лампы, а в качестве источника импульсного нагрева - ксеноновые лампы. Проведено сравнение различных способов программной обработки изображений. Показано, что наилучшие результаты по выявлению внутренних дефектов в керамических плитках при тепловой стимуляции с помощью галогенных ламп дает метод одностороннего теплового контроля (Рисунок 2), а при импульсной тепловой стимуляции с помощью ксеноновых ламп - метод двухстороннего теплового контроля с построением карт температуропроводности.

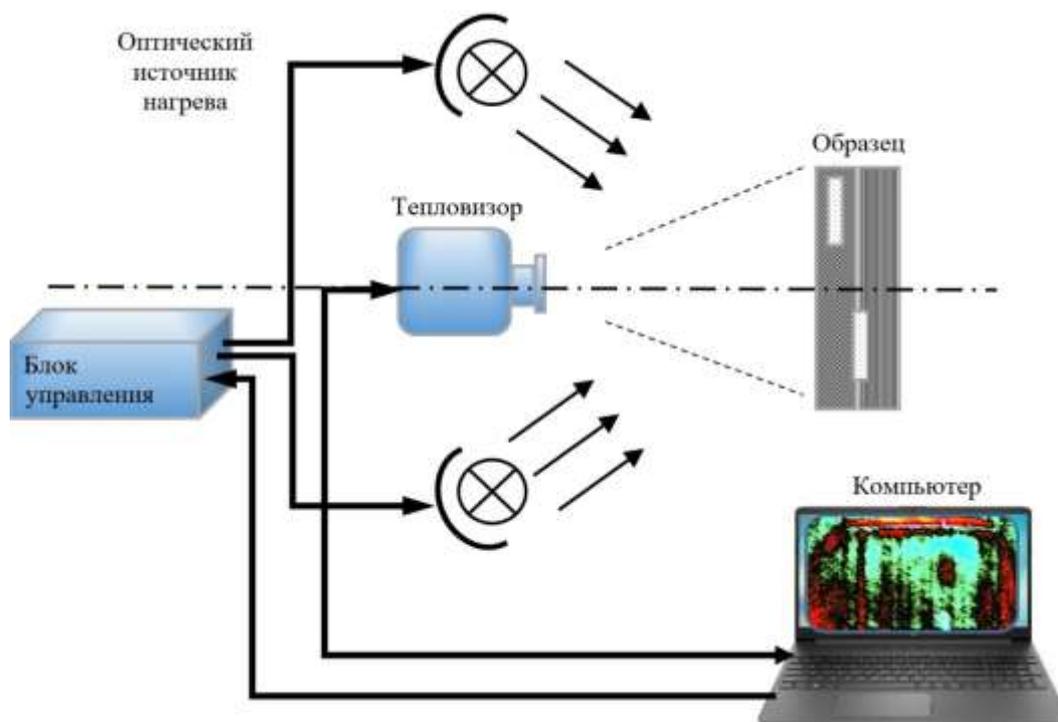


Рисунок 2.2 – Схема одностороннего теплового контроля

1. [Thermal Testing of Corundum Ceramics: Conventional Techniques under Optical Heating](#) / S.E. Chernykh, V.P. Vavilov, V.N. Kostin, Yu.I. Komolikh, D.Yu. Kladov. – Текст: непосредственный // Russian journal of nondestructive testing. — 2024. — V. 60. — P. 826—834.

2. [Thermal Testing of Corundum Ceramics: Pulsed Heating and Optimized Data Processing Algorithms](#) / S.E. Chernykh, V.P. Vavilov, V.N. Kostin, Yu.I. Komolikh, D.Yu. Kladov. – Текст: непосредственный // Russian journal of nondestructive testing. — 2024. — V. 60. — P. 989—997.

2.3.2.2. *Многокритериальный связной анализ, обеспечение и повышение прочности, ресурса, живучести, надежности и безопасности машин, машинных и человеко-машинных комплексов в междисциплинарных проблемах машиноведения и машиностроения. Научные основы конструкционного материаловедения*

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000030-1, Шифр «Диагностика».

2.3 Радиационно-индуцированные явления в микроструктуре аустенитных сталей

В.И. Бобровский, С.В. Афанасьев, В.И. Воронин, В.А. Казанцев, Н.В. Катаева,
В.И. Максимов, В.Д. Пархоменко, Н.В. Проскурнина, В.В. Сагарадзе
Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

В экспериментах, по изучению процессов образования карбидных преципитатов в аустенитных стареющих сталях под влиянием нейтронного облучения подтверждены как генерация предвыделений карбида ванадия, так и рост его преципитатов с дозой облучения. Выявлены особенности протекания этих процессов по сравнению с термическим старением, обусловленные некогерентным характером предвыделений карбидов, формирующихся из каскадов радиационных дефектов. Из анализа нейтронографических данных определены их характеристики. Также обнаружено, что в структурно нестабильных аустенитных системах с эффектом памяти формы на основе $\gamma \rightarrow \epsilon$ мартенситного превращения нейтронное облучение может приводить к инициированию этого эффекта при температурах значительно ниже интервала его реализации в случае термических воздействий.

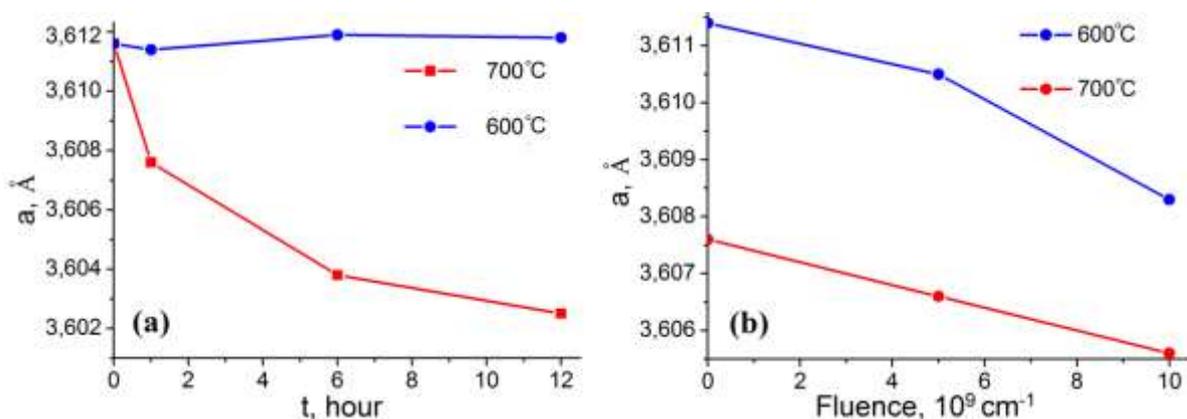


Рисунок 2.3 – Поведение параметра решетки стали 40X4Г18Ф2 в зависимости от времени старения при температурах 600 °С и 700 °С (а) и от флюенса быстрых нейтронов для образцов, подвергнутых облучению после старения в течение 1 часа (б)

1. [Initiation of the Shape Memory Effect by Fast Neutron Irradiation](#) / V. I. Bobrovskii, S. V. Afanasyev, V. I. Voronin, V. A. Kazantsev, N. V. Kataeva, V. D. Parkhomenko, N. V. Proskurnina, V. V. Sagaradze. – Текст: непосредственный // *Physics of Metals and Metallography*. — 2024. — V. 125. — P. 211—216.
2. [Нейтронографическое исследование процессов формирования карбидных преципитатов в стали 40X4Г18Ф2 при термическом старении и облучении быстрыми нейтронами](#) / В.И. Бобровский, В.И. Воронин, В.И. Максимов, В.Д. Пархоменко, Н.В. Проскурнина, В.В. Сагарадзе. – Текст: непосредственный // *Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures*. — 2024. — V. 6. — P. 18—34.

1.3.2. *Физика конденсированных сред и физическое материаловедение. Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000031-8, Шифр «Поток»*

2.4 Магнитооптические эффекты в нанотолщинных пленках на основе ЖИГ

А.В. Телегин, Ю.П. Сухоруков, И.Д. Лобов, С.В. Наумов, С.С. Дубинин, А.П. Носов
Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

Магнитооптические (МО) эффекты Фарадея и Керра исследованы в синтезированных сверхтонких (менее 50 нм) магнитных пленках на основе железоиттриевого граната (ЖИГ) и в диэлектрических подложках в видимой области спектра. Впервые проведена оценка толщин магнито-мертвого и магнито-пассивного слоев в пленках и изучены особенности эффектов, связанные с вкладом отраженного света и МО свойствами подложек. Показано, что спектральные зависимости и величины эффектов Фарадея и Керра в наноразмерных пленках соответствуют эффектам для объёмных ЖИГ (Рисунок 4), что демонстрирует высокое качество полученных пленок и их перспективность для оптоэлектроники.

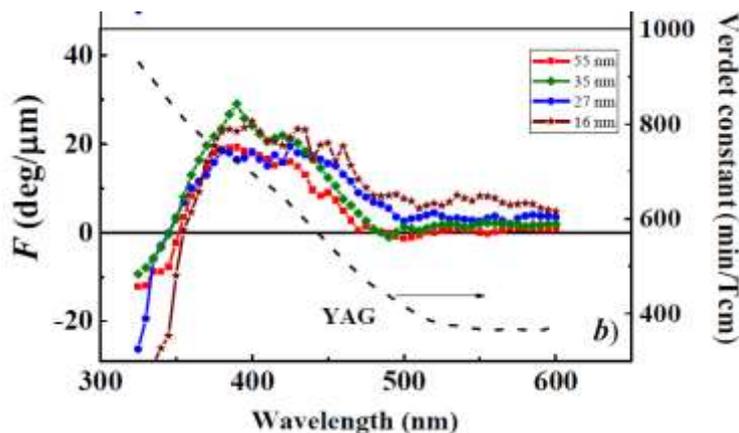


Рисунок 2.4 – Спектры удельного фарадеевского вращения F для пленок $\text{BiY}_2\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ различной толщины (левая шкала) и спектр постоянной Верде для подложки $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (правая шкала)

1. [Особенности магнитооптических эффектов Фарадея и Керра в наноразмерных пленках \$\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}\$ и подложках \$\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}\$, \$\text{Nd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}\$](#) / Ю.П. Сухоруков, А.В. Телегин, И.Д. Лобов, А.М. Коровин. – Текст: непосредственный // Оптика и спектроскопия. — 2024. — V. 132. — P. 740—746.
2. [Magneto-optical Faraday and Kerr effects in nanosized \$\text{BiYIG}/\text{GGG}\$ structures](#) / Yu.P. Sukhorukov, A.V. Telegin, I.D. Lobov, S.V. Naumov, S.S. Dubinin, K.A. Merencova, M.S. Artemiev, A.P. Nosov. – Текст: непосредственный // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. — 2024. — V. 608. — P. 172415—172420.
3. [Magneto-optical gyrotropic effects in nanosized \$\text{BiYIG}\$ films and diamagnetic YAG substrates](#) / Yu.P. Sukhorukov, A.V. Telegin, I.D. Lobov, S.V. Naumov, S.S. Dubinin, K.A. Merencova, M.S. Artemyev, A.P. Nosov. – Текст: непосредственный // Journal of Applied Physics. –2024.– V. 136 – 193905. <https://doi.org/10.1063/5.0233868>.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение. Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000036-3, Шифр «Спин».

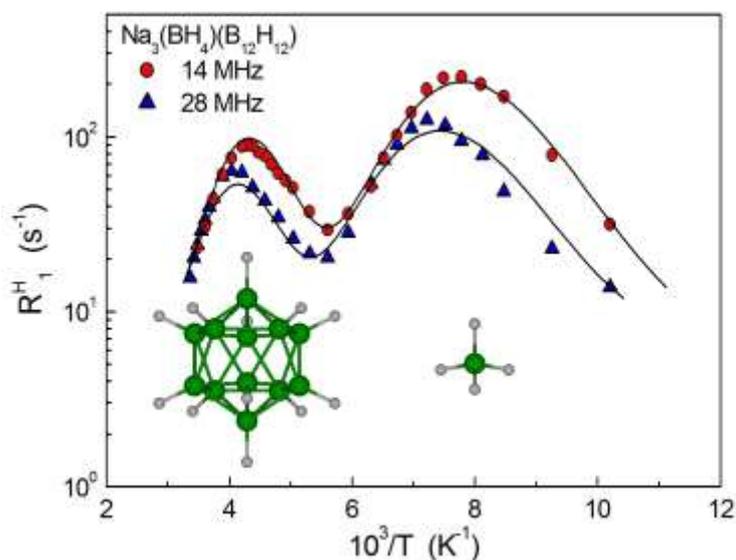
2.5 Динамика анионов и катионов в ионном проводнике $\text{Na}_3(\text{BH}_4)(\text{B}_{12}\text{H}_{12})$: исследование методами ЯМР ^1H , ^{11}B и ^{23}Na

А.В. Скрипов¹, О.А. Бабанова¹, Р.В. Скорюнов¹, А.В. Солонинин¹, У. Sadikin²

¹Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

²University of Geneva, Geneva, Switzerland

Методом ядерного магнитного резонанса исследовано реориентационное движение анионов и диффузия катионов в ионном проводнике $\text{Na}_3(\text{BH}_4)(\text{B}_{12}\text{H}_{12})$ со смешанными анионами. Обнаружены два реориентационных процесса, которые невозможно наблюдать с помощью дифракционных методов. Более быстрый процесс, характеризующийся энергией активации 159 мэВ, связан с реориентациями тетраэдрических анионов BH_4^- . Другой процесс с энергией активации 319 мэВ соответствует реориентациям икосаэдрических анионов $\text{B}_{12}\text{H}_{12}^{2-}$. Найдено, что частота диффузионных перескоков катионов Na^+ достигает 10^4 c^{-1} при 300 К и $8 \times 10^8 \text{ c}^{-1}$ при 530 К. Сравнение частот перескоков с данными по ионной проводимости указывает на коррелированный механизм диффузии ионов натрия. Полученные результаты важны для создания новых твердых электролитов для перспективных электрохимических источников тока.



Сплошные кривые демонстрируют результаты аппроксимации данных двухпиковой моделью с гауссовым распределением энергий активации. Под каждым из пиков показан анион ($\text{B}_{12}\text{H}_{12}^{2-}$ или BH_4^-), реориентационное движение которого связано с этим пиком.

Рисунок 2.5 – Скорости спин-решеточной релаксации ядер ^1H , измеренные на частотах 14 МГц и 28 МГц, как функции обратной температуры

[Anion and Cation Dynamics in Mixed-Anion Hydroborate \$\text{Na}_3\(\text{BH}_4\)\(\text{B}_{12}\text{H}_{12}\)\$: \$^1\text{H}\$, \$^{11}\text{B}\$, and \$^{23}\text{Na}\$ NMR Studies](#) / О.А. Babanova, У. Sadikin, Р.В. Skoryunov, А.В. Soloninin, А.В. Skripov – Текст: непосредственный // Inorganics — 2024. — V. 12 — 265.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение. Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000035-6, Шифр «Функция».

2.6 Динамическое интерметаллидное старение при механическом сплавлении урана и железа

К.А. Козлов, В.А. Шабашов, Н.В. Катаева, В.В. Сагарадзе,
В.П. Пилюгин, А.Е. Заматовский

Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

В исследованиях по созданию термо- и радиационно стойких материалов привлекаются данные по влиянию на структуру сверхвысоких деформаций. Методами зондовой мессбауэровской спектроскопии на ядрах ^{57}Fe и электронной микроскопии исследовано динамическое деформационное старение при механическом синтезе ^{238}U с ^{57}Fe . Установлено, что в результате сдвига под давлением во вращающихся наковальнях Бриджмена при комнатной температуре образцов (типа «сэндвич») металлических урана и железа формируются интерметаллические соединения U_6Fe , UFe_2 и «прекурсор» в виде дефектных интерметаллических фаз $\text{UFe}_2(\text{D})$, $\text{UFe}_3(\text{D})$ и механической смеси $\text{Fe}(\text{D})$ и $\text{U}(\text{D})$, см. рис. 2.6. Образующиеся после деформации фазы имеют сверхтонкие параметры аналогичные полученным при скоростной закалке расплавов $\text{U}-\text{Fe}$ близкого состава, что подтверждает общность вакансионных механизмов превращения при сверхвысокой пластической деформации и скоростной закалке. Наблюдаемые фазовые переходы являются следствием большой плотности подвижных точечных дефектов. Полученный результат согласуется с данными по увеличению термической стабильности урана, легированного железом.

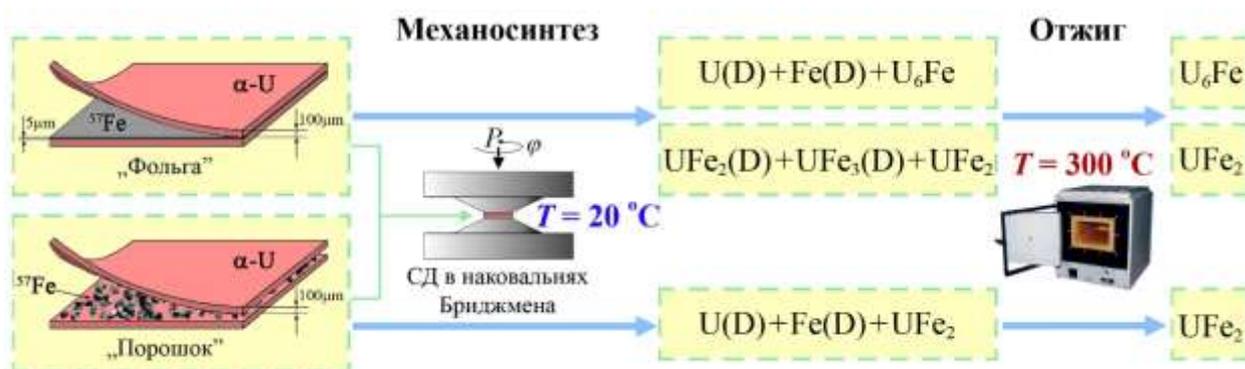


Рисунок 2.6 – Схема фазовых превращений при механическом синтезе $\alpha\text{-U}$ с ^{57}Fe методом сдвига под давлением во вращающихся наковальнях Бриджмена образцов по типу «фольга» и по типу «порошок» и последующем отжиге при 300°C

[Deformation-induced mechanical synthesis of U and Fe](#) / К.А. Kozlov, V.A. Shabashov, N.V. Kataeva, V.V. Sagaradze, V.P. Pilyugin, A.E. Zamatovskii. – Текст: непосредственный // Metals. — 2024. — V. 14. — P. 55—69.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение. Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000033-2, шифр «Структура»

2.7 Соотношение размер кристалла - степень деформации в сверхсжатых материалах

Е.Ф. Таланцев; В.В. Чистяков

Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

Сверхсжатые гидриды (открытые группой Еремец М.И. 10 лет назад (10.1038/nature14964)) и сверхсжатые никелаты (сверхпроводимость в которых была предсказана Анисимовым В.И. в 1999 г. (10.1103/PhysRevB.59.7901)) обладают рекордными температурами перехода в сверхпроводящее состояние и являются одновременно материалами с полностью неизвестной атомной структурой, поскольку ни один из существующих методов микроскопии с субмикронным разрешением не может быть применен для образцов, сверхсжатых в алмазных наковальнях. В данной работе, мы впервые в мировой литературе определили основные микроскопические структурные параметры сверхсжатых материалов, а именно степень деформации, ε , и средний размер нанокристаллитов, D . Величины D и ε определялись из рентгеновских Лауэграмм методом Уильямсона-Холла. В качестве объектов исследования были выбраны гидридный сверхпроводник La_4H_{23} ($T_c = 80$ К, $P = 95$ ГПа) и никелатный сверхпроводник $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_{7-\delta}$ ($T_c = 60$ К, $P = 22$ ГПа). Мы обнаружили, что зависимость $\varepsilon(P)$ в $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_{7-\delta}$ имеет трехкуольную форму в диапазоне давлений $1.6 \text{ ГПа} \leq P \leq 41.2 \text{ ГПа}$. Мы также определили температуры Дебая, Θ_D , для La_4H_{23} и $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_{7-\delta}$.

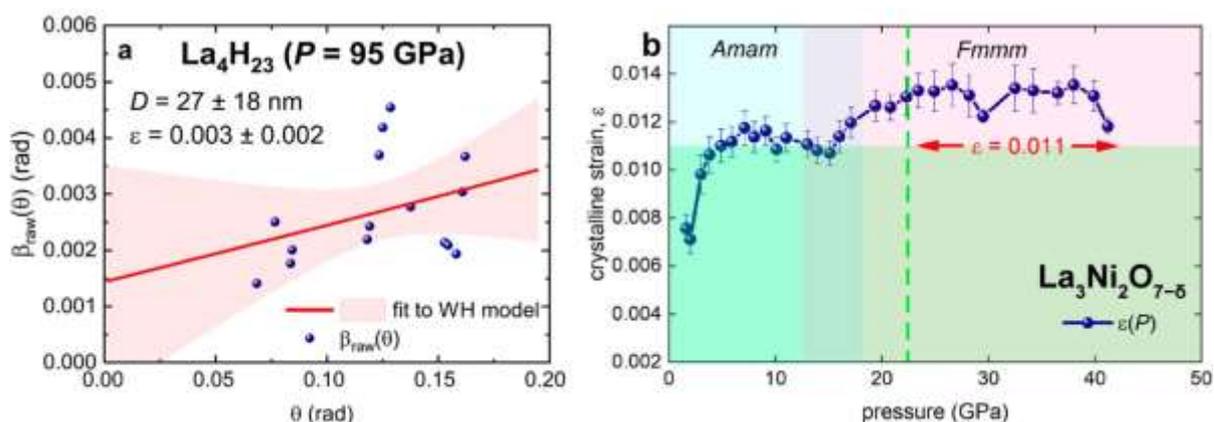


Рисунок 2.7 – а) Ширина пиков рентгеноструктурного анализа $\beta_{\text{raw}}(\theta)$ и подгонка к модели Уильямсона-Холла для сильно сжатого монокристалла La_4H_{23} ($P = 95$ ГПа), б) Зависимость кристаллической деформации $\varepsilon(P)$ в сильно сжатом монокристалле $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_{7-\delta}$

1. [The A-15-type superconducting hydride \$\text{La}_4\text{H}_{23}\$: a nanograined structure with low strain, strong electron-phonon interaction, and a moderate level of nonadiabaticity](#) / E.F. Talantsev, V.V. Chistyakov. – Текст: непосредственный // Superconductor Science and Technology. — 2024. — V. 37. — P. 95016—95035.
2. [Debye temperature, electron-phonon coupling constant, and three-dome shape of crystalline strain as a function of pressure in highly compressed \$\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_{7-\delta}\$](#) / E.F. Talantsev, V.V. Chistyakov. – Текст: непосредственный // Letters on Materials. — 2024. — V. 14. — P. 262—268.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение. Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000032-5, шифр «Давление»

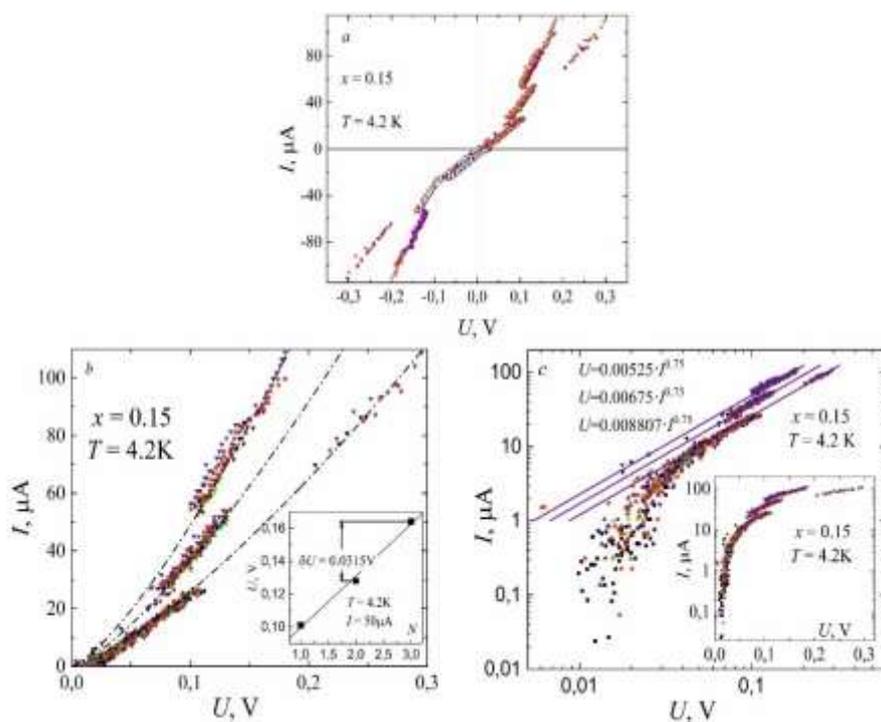
2.8 Немонотонное d -волновое спаривание в электронно-легированных сверхпроводниках

Т.Б. Чарикова¹, Н.Г. Шелушина¹, В.Н. Неверов¹, М.Р. Попов¹,
Д.И. Девятериков¹, А.А. Иванов²

¹Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

²Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

Исследованы вольт-амперные характеристики (ВАХ) на эпитаксиальных пленках $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4/\text{SrTiO}_3$ с оптимальным легированием ($x = 0.145, 0.15$). Установлено, что ВАХ демонстрируют несколько резистивных ветвей, которые соответствуют резистивным состояниям отдельных джозефсоновских переходов. Результаты подтверждают идею о туннельном механизме проводимости между слоями CuO_2 (переход сверхпроводник - изолятор – сверхпроводник (SIS)) для исследуемого соединения $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$. Вольт-амперная характеристика этого соединения с $x = 0.15$ указывает на немонотонный характер параметра порядка d -волновой или анизотропной s -волновой симметрии, связанный с существованием сверхпроводимости и антиферромагнитных флуктуаций.



(a) ВАХ оптимально отожженной эпитаксиальной пленки $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4/\text{SrTiO}_3$ ($x = 0.15$) при $T = 4.2$ К; (b) ВАХ с тремя резистивными ветвями собственных джозефсоновских туннельных переходов при $T = 4.2$ К. Штриховые линии соответствуют зависимости $U \sim I^{0.75}$. Вставка: напряжение, измеренное при 50 мкА для каждой подсчитанной ветви ($N = 1, 2, 3$); (c) скейлинговое поведение собственных ВАХ для различных ветвей переходов. Вставка: общая ВАХ пленки.

Рисунок 2.8 – Вольт-амперная характеристика (ВАХ) пленки $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4/\text{SrTiO}_3$ ($x = 0.15$)

1. [Эффекты туннелирования в сильно анизотропных слоистых сверхпроводниках](#) / Т.Б. Чарикова, Н.Г. Шелушина, В.Н. Неверов, М.Р. Попов. – Текст: непосредственный // Успехи физических наук. — 2024. — V. 194. — P. 740—752.

2. [Intrinsic Josephson junction characteristics of \$\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4/\text{SrTiO}_3\$ epitaxial films](#) / Т.Б. Charikova, D.I. Devyaterikov, V.N. Neverov, M.R. Popov, N.G. Shelushinina, A.A. Ivanov. – Текст: непосредственный // Solid State Communications. — 2024. — V. 394. — P. 115723—115730.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение. Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000039-4, шифр «Электрон».

2.9 Электронная структура, орбитально-селективное поведение, и магнитные корреляции в фазах Раддлесдена-Поппера $\text{La}_{n+1}\text{Ni}_n\text{O}_{3n+1}$ $n=2$ и 3 под давлением

И.В. Леонов

Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

В работе приведены результаты расчетов электронной структуры, поверхности Ферми, магнитных и решеточных свойств структурных фаз Раддлесдена-Поппера $\text{La}_{n+1}\text{Ni}_n\text{O}_{3n+1}$ с $n=2$ и 3 . Показано, что в нормальном состоянии в данных системах происходит орбитально-селективная локализация $\text{Ni } 3d$ электронов с существенной перенормировкой $\text{Ni } 3z^2-r^2$ состояний, $m^*/m \sim 3$ ($n=2$) и 2.5 ($n=3$). При этом, перенормировка $\text{Ni } x^2-y^2$ состояний существенно слабее, ~ 2.3 и 2.1 , соответственно. Результаты расчетов k -разрешенных спектральных функций свидетельствуют о формировании фазы плохого металла, с существенной некогерентностью $\text{Ni } 3z^2-r^2$ состояний. Результаты для спиновой восприимчивости $\chi(\mathbf{q})$ свидетельствует о неустойчивости нормального состояния по отношению к формированию волн спиновой и/или зарядовой плотности. В согласии с данным результатом, прямой численный расчет в рамках DFT+DMFT $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ ($n=2$) для атмосферного давления дает состояние со сдвоенной волной спиновой и зарядовой плотности с вектором типа «дыхательной моды», с чередованием Ni^{2+} и Ni^{3+} ионов в высоко- и низкоспиновом состоянии, соответственно. При этом, реализуется сайт-селективное диэлектрическое состояние Мотта с сильной локализацией $\text{Ni } 3d$ электронов. Сделан вывод о спин-флуктуационной природе спаривания в сверхпроводящей фазе никелатов под давлением.

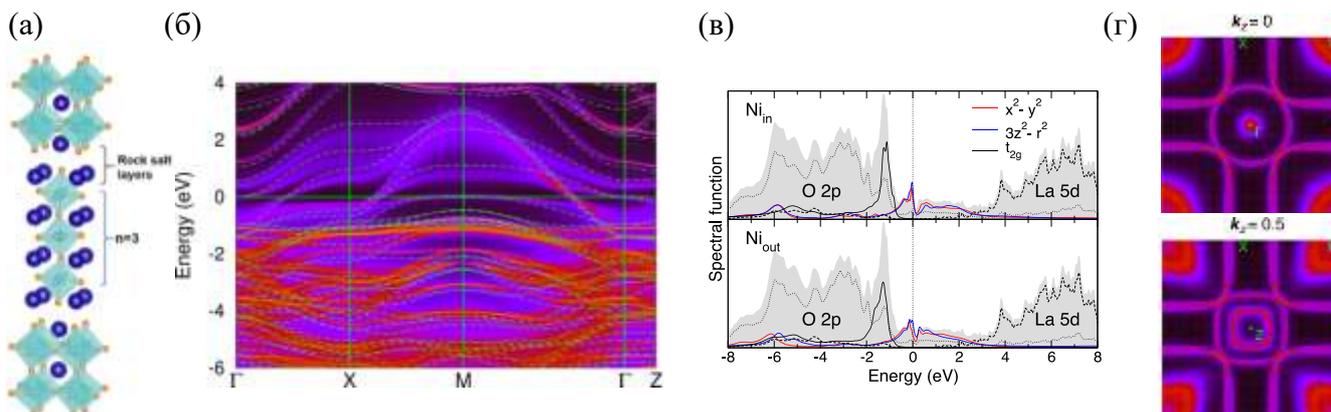


Рисунок 2.9 – (а) Кристаллическая решетка $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$. (б) k -разрешенные спектральные функции $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ в парамагнитном состоянии (PM). DFT+DMFT расчеты проводились для орторомбической $I4/mmm$ структуры при $T = 290$ К и давлении ~ 40 ГПа. (в) Орбитально-разрешенные спектральные функции PM $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$. Показаны $\text{Ni } 3d$ вклады для структурно отличных ионов Ni , находящихся во внутреннем (Ni_{in}) и внешнем (Ni_{out}) NiO_6 блоке. (г) $k_z=0$ и $1/2$ «срезы» квазичастичной Ферми поверхности PM $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$

1. [Correlated electronic structure, orbital-selective behavior, and magnetic correlations in double-layer \$\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7\$ under pressure](#) / D. A. Shilenko, I. V. Leonov. – Текст: непосредственный // Physical Review B. — 2023. — V. 108 – No. 12. — P. 125105—125113.

2. [Electronic structure and magnetic correlations in the trilayer nickelate superconductor \$\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}\$ under pressure](#) / I.V. Leonov². – Текст: непосредственный // Physical Review B. — 2024. — V. 109 – No. 23. — P. 235123—235129.

3. Electronic correlations and spin-charge-density stripes in double-layer $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ / I. V. Leonov // arXiv: arXiv:2410.15298.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение. Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000038-7, шифр «Квант».

Наиболее значимые результаты исследований ИФМ УрО РАН 2024 года, имеющие инновационный потенциал

3.1 Новый эффект безызносного трения

А.В. Макаров¹, Е.В. Харанжевский², В.А. Сирош¹, А.Г. Ипатов³, Н.Н. Соболева⁴,
Е.Г. Волкова¹, Ф.З. Гильмутдинов⁵

¹Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

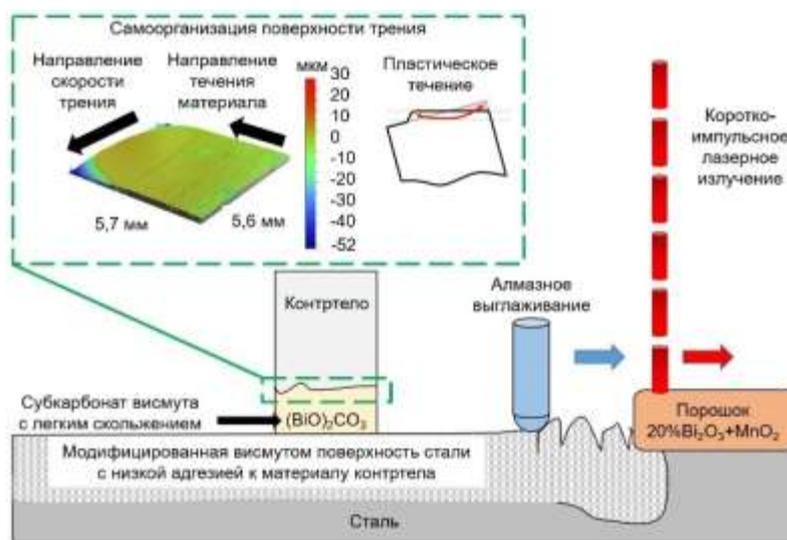
²Удмуртский государственный университет, г. Ижевск

³Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск

⁴Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова УрО РАН, г. Екатеринбург

⁵Удмуртский Федеральный исследовательский центр УрО РАН, г. Ижевск

Установлен новый эффект безызносного трения в условиях граничного трения скольжения при скоростях до 9 м/с и нагрузке до 250 Н алюминиевого сплава по стали, модифицированной висмутом короткоимпульсным лазерным оплавлением. Природа нового эффекта основана не на избирательном массопереносе (эффект безызносности при трении Гаркунова-Крагельского), а определяется подавлением адгезии между трущимися телами в результате модифицирования висмутом, образованием трибослоев субкарбоната висмута с легким базисным скольжением тетрагональной решетки, уменьшением механической составляющей трения алмазным выглаживанием поверхности, процессами самоорганизации поверхностей трения за счет выгодного перераспределения материала в зоне контакта и высокой циклической прочностью алюминиевых сплавов. Модифицированные висмутом поверхности демонстрируют сверхнизкий коэффициент трения скольжения (до 0,03) без подачи смазки в парах с контртелами из бронзы, алюминиевого сплава и чугуна. Данное явление



открывает новую страницу в понимании эффекта безызносности и сверхнизкого коэффициента трения, а результаты исследований имеют высокий научный и практический потенциал

Рисунок 3.1 – Схема реализации нового эффекта безызносного трения и сверхнизкого коэффициента трения

1. [Эффект безызносности при поверхностном легировании стали висмутом](#) / А.В. Макаров, Е.В. Харанжевский, А.Г. Ипатов, В.А. Сирош, Н.Н. Соболева, Е.Г. Волкова. – Текст: непосредственный // Трение и износ. — 2024. — V. 45 – No. 6. — P. 558—568.
2. Makarov A.V., Sirosh V.A., Soboleva N.N., Volkova E.G., Ipatov A.G., Gil'mutdinov F.Z. and Kharanzhevskiy E.V. Ultralow Wear in Boundary Lubrication: A Tribological Study of Bi-Alloyed Steel under High Normal Loads and Sliding Speeds // Friction. – 2025. – V. 13. – 9441049.
3. [Обеспечение технологического суверенитета России в металлургии и машиностроении](#) / А.В. Макаров, А.А. Иноземцев, В.Г. Дегтярь, Е.В. Харанжевский, А.Б. Котельников, А.А. Вопнерук. – Текст: непосредственный // Вестник Российской академии наук. — 2024. — V. 94 – No. 3. — P. 232—245.
4. Патент РФ 2826632. Способ получения износостойкого антифрикционного покрытия на подложке из стали, никелевого или титанового сплава / Е.В. Харанжевский, А.Г. Ипатов, А.В. Макаров. – Опубл. в БИМП 16.09.2024. – Бюл. № 26.
5. [Towards eliminating friction and wear in plain bearings operating without lubrication](#) / E.V. Kharanzhevskiy, A.G. Ipatov, A.V. Makarov, F.Z. Gil'mutdinov. – Текст: непосредственный // Scientific Reports. — 2023. — V. 13. — P. 17362—17374.

1.3.2.10. Физическое материаловедение и физика дефектов

Работа выполнена по проекту РНФ 19-79-20012 (ИФМ УрО РАН – объект научной инфраструктуры мирового уровня).

3.2 Многослойное нанокompозитное покрытие на режущем инструменте

А. Б. Владимиров, С. А. Плотников, Е.А. Кравцов

Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

Ужесточение требований к точности размеров обрабатываемых деталей и качеству их поверхности, использование материалов с повышенными физико-механическими свойствами при одновременном росте производительности процессов в промышленности делает актуальной проблему повышения стойкости режущего инструмента. Вместо традиционного монослойного покрытия предложено использовать многослойное нанокompозитное износостойкое покрытие, осажденное на рабочую часть режущего инструмента, содержащее чередующиеся слои алмазоподобного углерода и нитрида титана и алюминия с содержанием не более 40 ат.% каждого металла. Многослойные покрытия более износостойкие, т.к. блокировка распространения трещин на границах слоев приводит к иному механизму изнашивания по сравнению с моноподкрытиями. Инструменты с многослойным покрытием были отданы на испытания в условиях реального производства на промышленные предприятия, при их использовании наблюдалось увеличение стойкости концевых фрез от 6 до 10 раз.

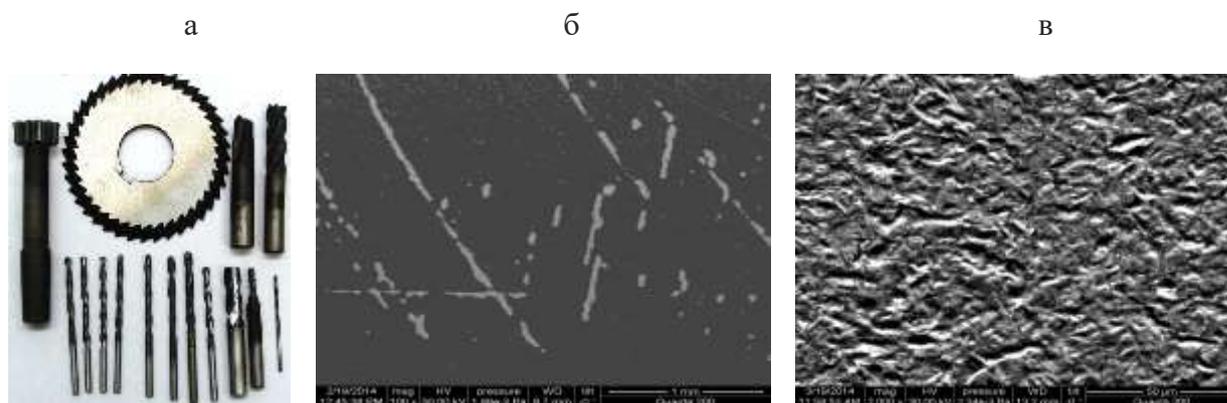


Рисунок 3.2 – а) инструменты с многослойным покрытием, б) абразивный износ моноподкрытия, в) абразивный износ многослойного покрытия

Патент на изобретение № 2829171 Российская Федерация. Многослойное нанокompозитное покрытие на режущем инструменте: № 30: заявл. 10.11.2023: опубликовано 25.10.2024 / А.Б. Владимиров, С.А. Плотников, Е.А. Кравцов; заявитель ИФМ УрО РАН. - 7 с.: ил. - Текст: непосредственный.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000035-6, Шифр «Функция» и по Соглашению о предоставлении субсидии №075-10-2021-115 от 13.октября 2021года (ИГК) 000000S507521RGN0002/)

3.3 Определение концентрации лития в пластовых водах методом ЯМР-релаксометрии

И. В. Бызов¹, С. В. Жаков¹, А. А. Мысик¹, И. А. Кунаккужин²

¹Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

²АО «СибНефтеГаз» ПАО НК «РОСНЕФТЬ», г. Новый Уренгой

Разработан метод определения концентрации лития в пластовых водах на основе ЯМР-релаксометрии. Используется измерение СPMG - последовательности (метод Карра-Парселла-Бейбума-Гилла). Концентрация лития определяется по начальной точке кривой спин-спиновой релаксации. Разработан и изготовлен переносный прибор: ЯМР-релаксометр, в котором реализован предложенный метод, позволяющий оперативно определять содержание лития при концентрациях, представляющих промышленный интерес. Эксперименты на пластовых водах из скважин восточной Сибири показали хорошее согласие предлагаемого метода с методом индукционно связанной плазмы (ИСП).

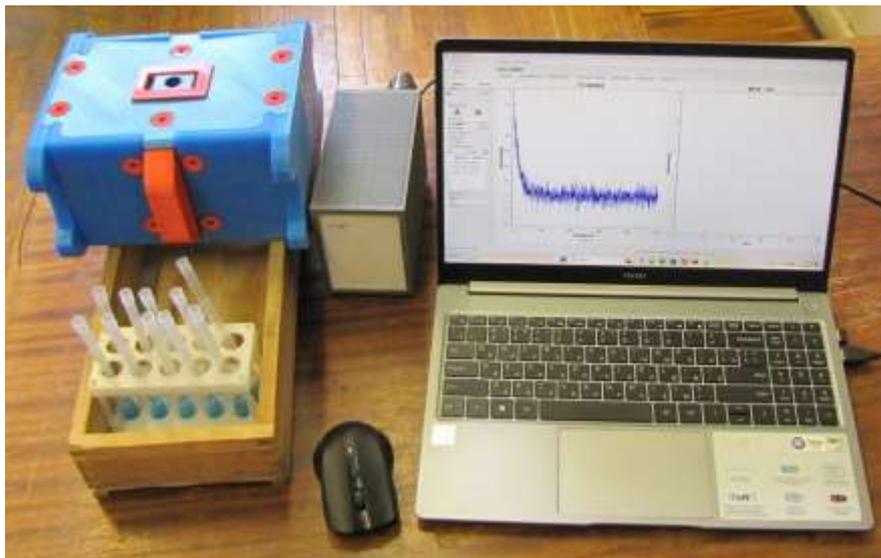


Рисунок 3.3 – ЯМР-релаксометр для определения концентрации лития в воде

1. [Determining Lithium Concentration in Formation Waters by NMR Relaxometry](#) / I.V. Byzov, S.V. Zhakov, A.A. Mysik, I.A. Kunakkuzhin. – Текст: непосредственный // Russian journal of nondestructive testing. — 2024. — V. 60. — P. 835—839.

2. И. В. Бызов, С. В. Жаков, А. А. Мысик. Способ определения концентрации атомов лития в пластовых водах нефтяных и газовых скважин ЯМР-способом. Заявка на изобретение № 2024133550 от 08.11.2024.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000034-9, Шифр «Магнит»

3.4 Магнитная сепарация микропластиков из водных растворов

М.С. Филинкова¹, Ю.А. Бахтеева¹, И.В. Медведева¹, И.В. Бызов¹,
И.А. Курмачев¹, Н.В. Подвальная²

¹Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

²Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург

Продемонстрированы возможности эффективной магнитной сепарации микрочастиц полиэтилена (МПЭ), 10-200 мкм, и полиэтилентерефталата (МПЭТ), 5-30 мкм, из чистой воды и водных растворов, моделирующих речную и морскую воду. Сепарация микропластиков происходит в режиме седиментации в неоднородном магнитном поле при добавлении к воде биосовместимых композитных наночастиц на основе магнетита (МНЧ), 14 нм, образующих гетероагрегаты с частицами пластика. При использовании наночастиц магнетита, с поверхностью, функционализированной оксидом кремния и аминогруппами, в концентрации 0,01 г/л достигается 80% извлечение из воды МПЭ и МПЭТ, а функционализированной хитозаном или желатином, в концентрации 0,002 г/л, эффективность извлечения МПЭТ из воды составляет 98%. Результаты могут быть использованы для разработки нового метода пробоподготовки для анализа воды на присутствие микропластиков, а также в перспективе – для очистки воды от микропластиков.

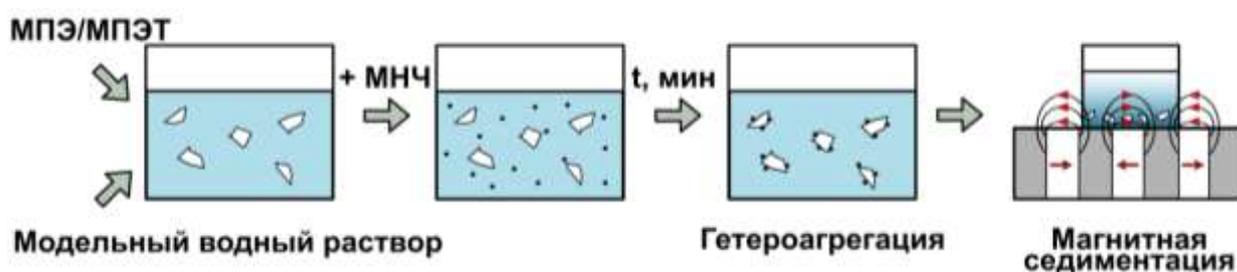


Рисунок 3.4 – Схема эксперимента по магнитной седиментации микропластиков

1. [Design and application of environmentally friendly composite magnetic particles for microplastic extraction from water media](#) / Yu.A. Bakhteeva, M.S. Filinkova, I.V. Medvedeva, N.V. Podvalnaya, I.V. Byzov, S.V. Zhakov, M.A. Uimin, I.A. Kurmachev. – Текст: непосредственный // Journal of Environmental Chemical Engineering. — 2024. — V. 12. — P. 113287—113296.

[Агрегатообразование и магнитная сепарация микрочастиц полиэтилена из водных растворов](#) / М.С. Филинкова, Ю.А. Бахтеева, И.В. Медведева, И.В. Бызов, А.С. Минин, И.А. Курмачев – Текст: непосредственный // Коллоидный журнал. – 2024. Т. 86 (6).

3. Magnetic sedimentation of polyethylene microparticles in water media [Текст] / M.S. Filinkova, Yu.A. Bakhteeva, I.V. Medvedeva // In Book of Abstr. of Second Intern. Conf. “Microplastics in Polymer Science”. – Великий Новгород: НовГУ, 2024. – С. 89.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000032-5, Шифр «Давление»

3.5 Мониторинг изменения относительной магнитной проницаемости при циклических испытаниях на изгиб образцов из аустенитной стали 10X18H10T

М.К. Корх, А.В. Кочнев, М.Б. Ригмант, Н.В. Гордеев, А.М. Матосян
Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

С помощью локального измерения относительной магнитной проницаемости установлена эволюция изменения фазового состава в образцах из аустенитной хромоникелевой стали 10X18H10T во время циклических изгибных деформационных воздействий при комнатной температуре. Зафиксировано, что в участках образца, испытывающих максимальные напряжения, начинаются фазовые переходы аустенит – мартенсит деформации, при которых в парамагнитной аустенитной матрице в сверхмалых количествах образуется ферромагнитный мартенсит, что приводит к росту относительной магнитной проницаемости (μ). Показана возможность определения зон локализации мартенсита деформации, появление которых свидетельствует о начале процессов трещинообразования и предразрушения материала.

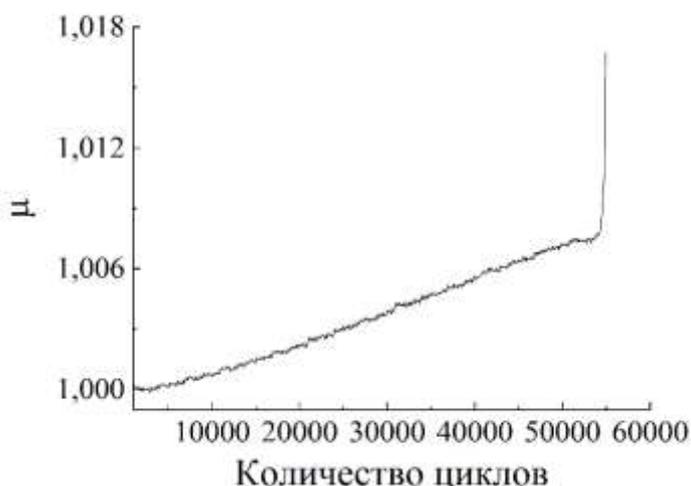


Рисунок 3.5 – Зависимость относительной магнитной проницаемости образца от количества циклов

[Мониторинг изменения относительной магнитной проницаемости при циклических испытаниях на изгиб образцов из аустенитной стали 10X18H10T](#) / А.В. Кочнев, М.Б. Ригмант, М.К. Корх, Н.В. Гордеев, А.М. Матосян. – Текст: непосредственный // Дефектоскопия. — 2024. — V. 60. — P. 52—56.

2.3.2.2. Многокритериальный связной анализ, обеспечение и повышение прочности, ресурса, живучести, надежности и безопасности машин, машинных и человеко-машинных комплексов в междисциплинарных проблемах машиноведения и машиностроения. Научные основы конструкционного материаловедения

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000030-1, Шифр «Диагностика».

3.6 Тепловой неразрушающий контроль корундовых керамических пластин

С.Е. Черных¹, В.П. Вавилов², В.Н. Костин¹, Ю.И. Комоликов¹

¹Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

²Томский политехнический университет, г. Томск

Определены возможности и оптимальные способы теплового контроля целостности корундовых керамических пластин. Сопоставлены схемы одно- и двухстороннего теплового контроля. В качестве источника постоянного нагрева использованы галогенные лампы, а в качестве источника импульсного нагрева - ксеноновые лампы. Проведено сравнение различных способов программной обработки изображений. Показано, что наилучшие результаты по выявлению внутренних дефектов в керамических плитках при тепловой стимуляции с помощью галогенных ламп дает метод одностороннего теплового контроля (Рисунок 2), а при импульсной тепловой стимуляции с помощью ксеноновых ламп - метод двухстороннего теплового контроля с построением карт теплопроводности.

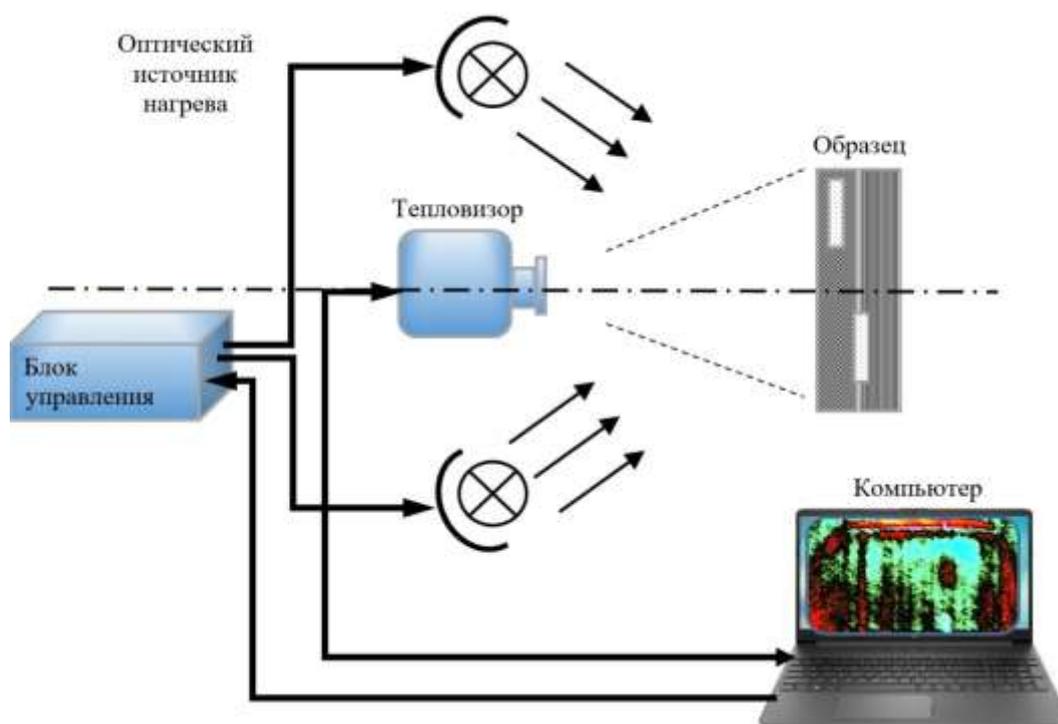


Рисунок 3.6 – Схема одностороннего теплового контроля

1. [Thermal Testing of Corundum Ceramics: Conventional Techniques under Optical Heating](#) / S.E. Chernykh, V.P. Vavilov, V.N. Kostin, Yu.I. Komolikov, D.Yu. Kladov. – Текст: непосредственный // Russian journal of nondestructive testing. — 2024. — V. 60. — P. 826—834.
2. [Thermal Testing of Corundum Ceramics: Pulsed Heating and Optimized Data Processing Algorithms](#) / S.E. Chernykh, V.P. Vavilov, V.N. Kostin, Yu.I. Komolikov, D.Yu. Kladov. – Текст: непосредственный // Russian journal of nondestructive testing. — 2024. — V. 60. — P. 989—997.

2.3.2.2. *Многокритериальный связной анализ, обеспечение и повышение прочности, ресурса, живучести, надежности и безопасности машин, машинных и человеко-машинных комплексов в междисциплинарных проблемах машиноведения и машиностроения. Научные основы конструкционного материаловедения*

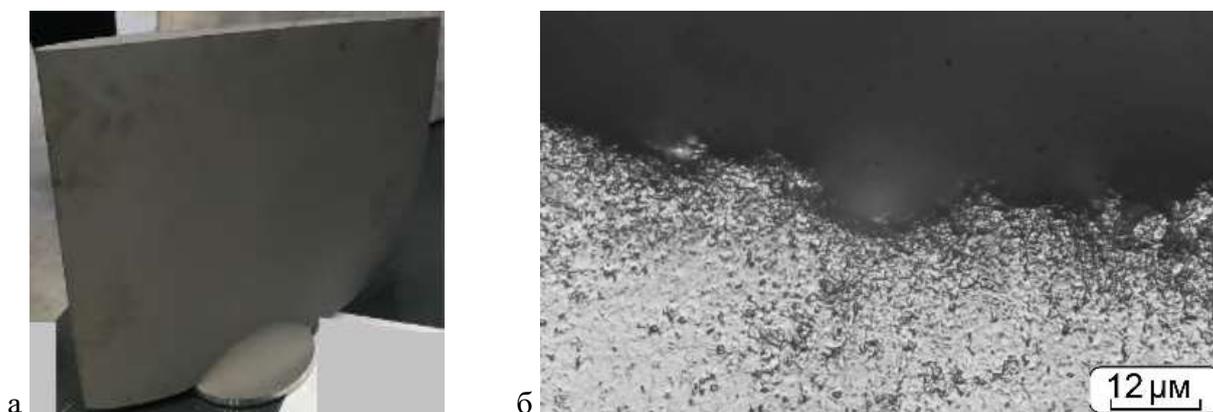
Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000030-1, Шифр «Диагностика».

3.7 Износостойкие газотермические покрытия на алюминиевой подложке

Ю.С. Коробов¹, В.В. Астафьев¹, И.Г. Бродова¹, А.В. Окулов¹,
М. Антонов², С.Х. Эстемирова^{3,4}

¹Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург
²Tallinn University of Technology, г. Таллин, Эстония; ³УрФУ; ⁴ИМет УрО РАН

Проведены испытания на газоабразивное изнашивание алюминиевого сплава AlSi7Mg0,3, покрытий на этом сплаве из WC-10Co-4Cr, Cr3C2-25NiCr и стали 180X27H17M4, полученных сверхзвуковым газозвушным напылением. Показано, что относительная износостойкость покрытий WC-10Co-4Cr выше, чем у альтернатив в 2-14 раз, и увеличивается при воздействии более твердых абразивов. Покрытия толщиной менее 100 мкм растрескиваются из-за проминания на пластичной Al подложке. При напылении в приповерхностном слое подложки, толщиной 20-40 мкм, формируется модифицированная эвтектика на основе сферических частиц кремния, что увеличивает твердость и прочность этого слоя. В приповерхностном слое металлокерамических покрытий наблюдается ~20 % снижение твердости относительно верхних слоев. Такое сочетание свойств на границе покрытие-подложка способствует повышению работоспособности износостойких покрытий на Al подложек (рисунок 7). Результаты востребованы в авиационной, транспортной технике и машиностроении для упрочнения деталей из алюминиевых сплавов, подверженных газоабразивному износу.



а) общий вид, размер 300x300 мм. Обеспечено снижение массы, увеличение удельной мощности при снижении газоабразивного износа; б) Структура слоя покрытия WC-10Co4C толщиной 200 мкм после испытаний (абразив – гранитная крошка).

Рисунок 3.7 – Алюминиевая лопатка шахтного вентилятора с WC-10Co-4Cr газотермическим покрытием

[Erosion Wear Behavior of HVOF-Sprayed WC/Cr3C2-Based Cermet and Martensitic Stainless Steel Coatings on AlSi7Mg0.3 Alloy: A Comparative Study](#) / Yury Korobov, Maksim Antonov, Vladimir Astafiev, Irina Brodova, Vladimir Kutaev, Svetlana Estemirova, Mikhail Devyatyarov, Artem Okulov. – Текст: непосредственный // Journal of Manufacturing and Materials Processing. — 2024. — V. 8. — P. 231—244.

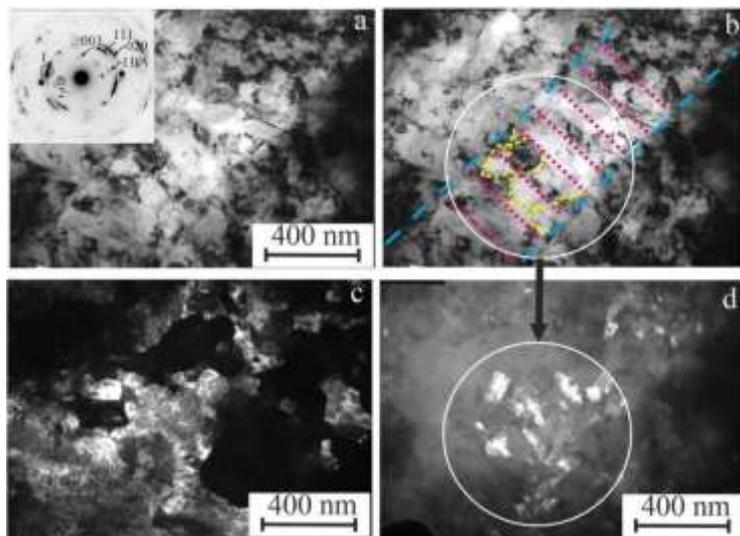
1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000033-2, Шифр «Структура».

3.8 Формирование высокопрочного упорядоченного состояния в сплаве Cu-56Au (ат.%)

А.Ю. Волков, О.С. Новикова, Д.А. Комкова, Е.Ф. Таланцев, Е.Г. Волкова,
Н.А. Кругликов, П.О. Подгорбунская, А.А. Гаврилова
Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

Проведено исследование эволюции структуры и формирования свойств в ходе фазового превращения беспорядок→порядок в нестехиометрическом сплаве Cu-56Au (ат.%) в интервале температур 250-375°C (с шагом 25°). Построены зависимости доли упорядоченной фазы, прочностных свойств и удельного электросопротивления от продолжительности отжига образцов, исходное разупорядоченное состояние в которых достигалось закалкой от 600°C или предварительной деформацией на 75%. На рисунке 86 схематически показаны элементы микроструктуры, которые формируются в предварительно деформированном сплаве в ходе атомного упорядочения: на фоне повышенной плотности дислокаций видны границы ламелей (показаны синим цветом), внутри которых находятся *c*-домены (выделены красным цветом), границы субзерен внутри *c*-доменов (выделены желтым цветом). Авторами уточнены температурные интервалы образования упорядоченных CuAuI и CuAuII фаз, а также двухфазных состояний (CuAuI+CuAuII) и (CuAuII+A1). Для оценки соотношения фаз проведена математическая обработка рентгеновских пиков. Показано, что отжиг деформированного сплава при температуре 250°C приводит к аномальному росту микротвердости и прочности (выдержка в течение 12-24 часов повышает предел текучести до 1 ГПа) с одновременным снижением удельного электросопротивления. Обнаруженное явление объяснено с точки зрения замедления рекристаллизации в упорядоченном сплаве, что подтверждено высокой плотностью дислокаций в отожженных образцах.



а – светлопольное изображение и соответствующая микродифракция; б – схема, показывающая элементы микроструктуры на (а); в – темнопольное изображение в рефлексе (1) типа $(111)_{A1+L10}$; д – темнопольное изображение в сверхструктурном рефлексе (2) типа $(001)_{L10}$. Рисунок 3.8 – Микроструктура, сформировавшаяся в результате отжига (250°C, 1 неделя) в деформированном сплаве Cu-56Au

1. [Annealing hardening of the pre-deformed Cu-56at.%Au alloy due to retardation of recrystallization by L10-type ordering](#) / A.Yu. Volkov, O.S. Novikova, E.G. Volkova, et al. – Текст: непосредственный // Materials Science and Engineering A. — 2024. — V. 900. — P. 146497—146505.
2. [Формирование длиннопериодной упорядоченной фазы CuAuII в нестехиометрическом сплаве Cu-56at% Au](#) / О.С. Новикова, Е.Ф. Таланцев, П.О. Подгорбунская, А.Ю. Волков. – Текст: непосредственный // Физика твёрдого тела. — 2024. — V. 66. — P. 1662—1668.
3. [Эволюция структуры и свойств сплава Cu-56Au \(ат. %\) в процессе атомного упорядочения по типу L10](#) / О.С. Новикова, Е.Г. Волкова, П.О. Подгорбунская, Д.А. Згибнев, А.А. Гаврилова, Н.А. Кругликов, А.Ю. Волков. – Текст: непосредственный // Физическая мезомеханика. — 2024. — V. 27 – No. 5. — P. 140—151.
4. Заявка на патент РФ № 2024112421 от 07.05.2024. Способ термической обработки золотомедного сплава ЗлМ-80 для электрических скользящих контактов / А.Ю. Волков, О.С. Новикова, Е.Г. Волкова, Д.А. Комкова, П.О. Подгорбунская, А.А. Гаврилова, Д.А. Згибнев; заявитель ИФМ УрО РАН.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000032-5, Шифр «Давление».

3.9 Влияние размерности органического катиона на фотохимическую устойчивость перовскитных солнечных элементов

И.С. Жидков¹, А.И. Кухаренко¹, Э.З. Курмаев¹,
В.В. Озерова², Н.А. Емельянов², П.А. Трошин²

¹Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

²Институт проблем химической физики РАН, г. Черноголовка

Методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии исследовано влияние изменения размерности А-катиона в ABX_3 перовскитах ($MAPbI_3$, $FAPbI_3$, $Cs_{0.12}FA_{0.88}PbI_3$ и $Cs_{0.1}MA_{0.15}FA_{0.75}PbI_3$) на фотохимическую стабильность путем частичного его замещения модификатором ($OctI_2$) с двумя пиридилными группами и двумя катионными центрами в молекулярном каркасе. В случае модифицированных перовскитов наблюдалось значительное подавление нежелательной фотоиндуцированной рекристаллизация перовскитов. Установлено, что введение двухвалентных катионов октенидина пассивирует поверхностные дефекты в исходных перовскитах, и повышает их фотохимическую устойчивость. Показано, что частичное замещение А-катиона $OctI_2$ -модификатором приводит к повышению фотохимической стабильности гибридных перовскитов при облучении видимым светом до 20000 часов, что фиксируется в рентгеновских фотоэлектронных N 1s, Pb 4f и I 3d-спектрах (рисунок 9).

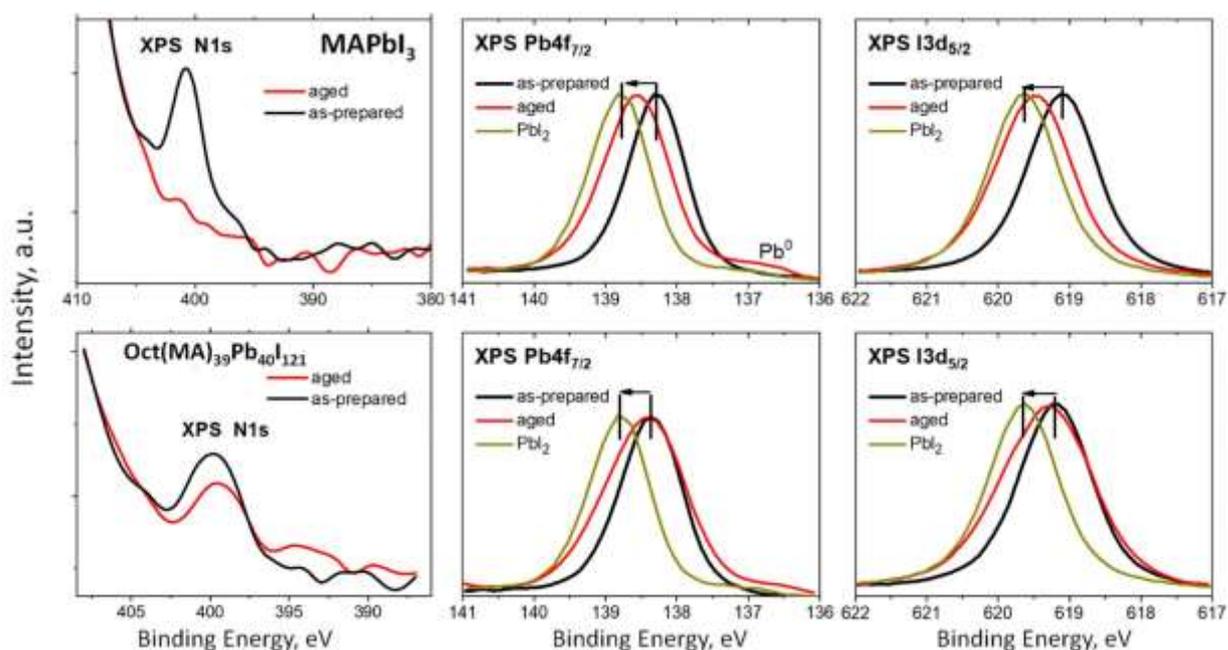


Рисунок 3.9 – XPS N 1s, Pb 4f и I 3d-спектры исходных ($MAPbI_3$) и модифицированных $Oct(MA)_{39}Pb_{40}I_{121}$ до и после облучения видимым светом

[Enhancing Photostability of Complex Lead Halides through Modification with Antibacterial Drug Octenidine](#) / Victoria V. Ozerova, Ivan S. Zhidkov, Nikita A. Emelianov, Denis V. Korchagin, Gennady V. Shilov, Fedor A. Prudnov, Igor V. Sedov, Ernst Z. Kurmaev, Lyubov A. Frolova, Pavel A. Troshin. – Текст: непосредственный // Materials. — 2024. — V. 17. — P. 129—147.

1.3.2. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИФМ УрО РАН Рег. № 122021000039-4, Шифр «Электрон».