



Эксперименты с использованием СИ на ВЭПП-3 и ВЭПП-4М в 2023 г.

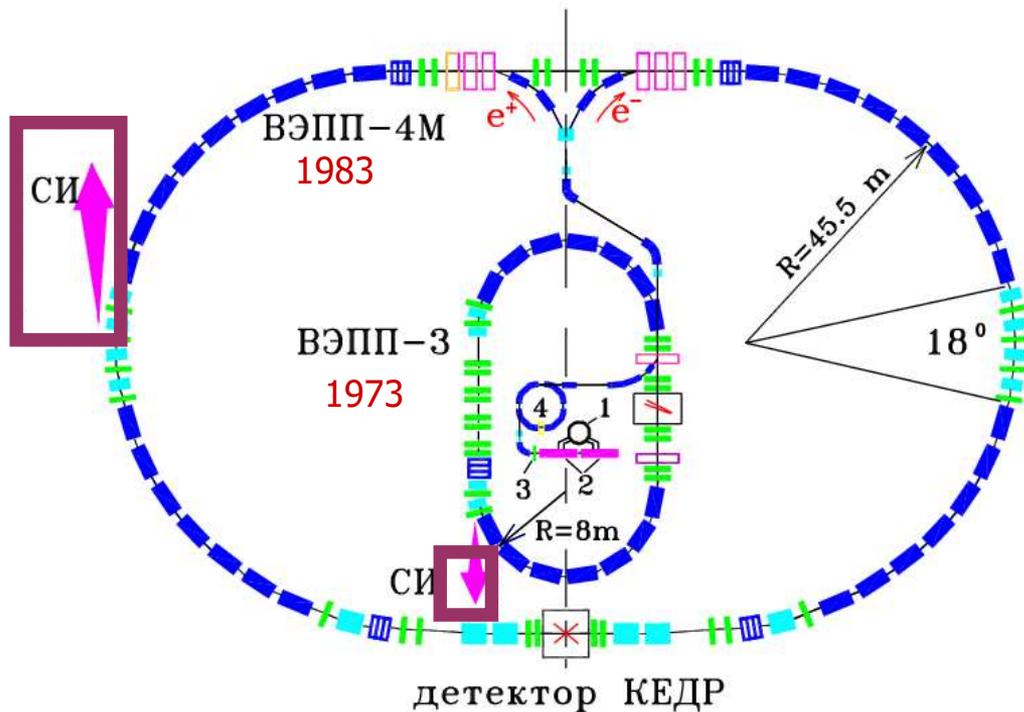
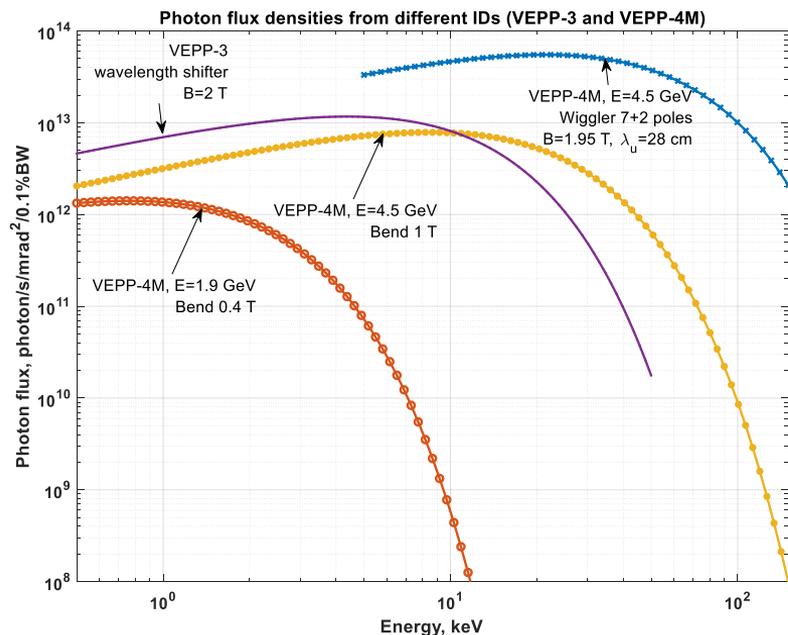
Научная сессия ИЯФ СО РАН

1.02.2024

Винокуров З.С., Гольденберг Б.Г., Кулипанов Г.Н.,
Купер К.Э., Назьмов В.П., Николенко А.Д.,
Рубцов И.А., Тен К.А., Толочко Б.П., Шмаков А. Н.,
Золотарев К.В.



Источники СИ в ИЯФ СО РАН





Станции СИ в ИЯФ СО РАН



Источники СИ в ИЯФ СО РАН

СИ – ВЭПП-4М

10 "Космос" (метрологическая станция ВУФ и мягкого рентгеновского диапазона 10-2000 эВ)

8a «Фазоконтрастная микроскопия и микротомография» и элементный анализ

8b "Взрыв-2" (наносекундная диагностика)

8c «Плазма»

3 Прецизионная дифрактометрия и малоугловое рассеяние (в стадии запуска)

1 Учебная станция

СИ - ВЭПП-3

0a LIGA-технология и рентгеновская литография

0b "Взрыв" (наносекундная диагностика)

2 Прецизионная дифрактометрия и аномальное рассеяние

3 Локальный и сканирующий рентгенофлуоресцентный элементный анализ

4 Дифрактометрия при высоких давлениях

5a Рентгеновская микроскопия и томография

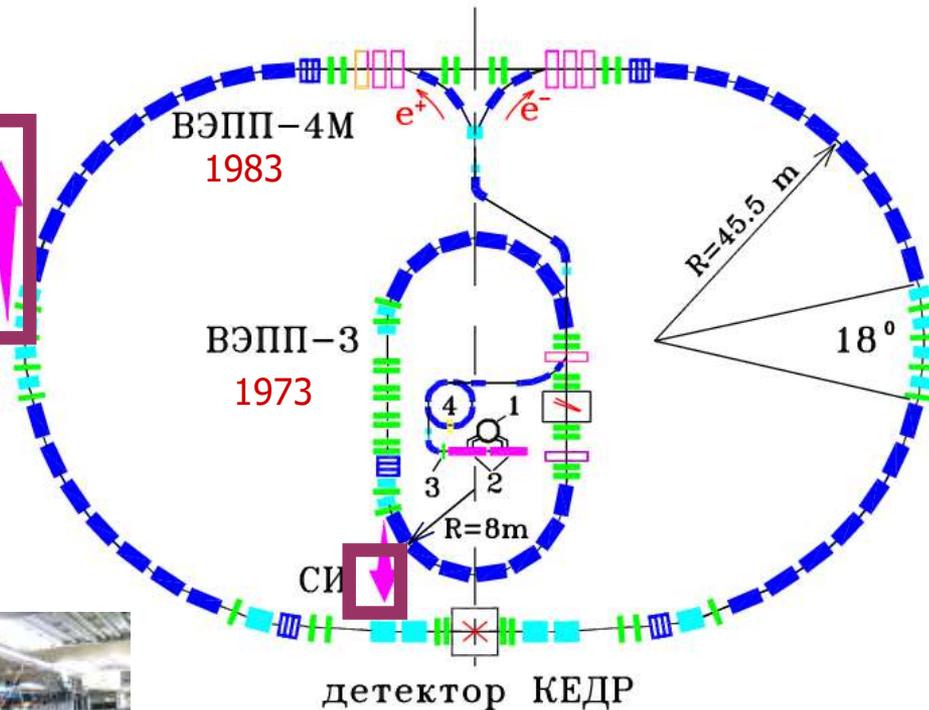
5b Малоугловое рассеяние

6a Прецизионная дифрактометрия-2

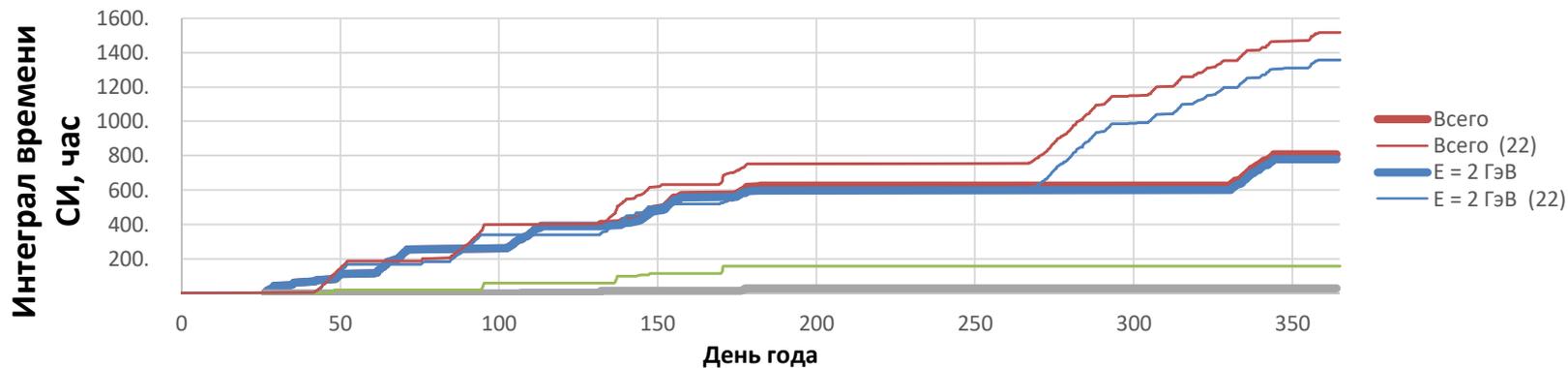
6b Спектроскопия с временным разрешением

7 Диагностика и обратная связь

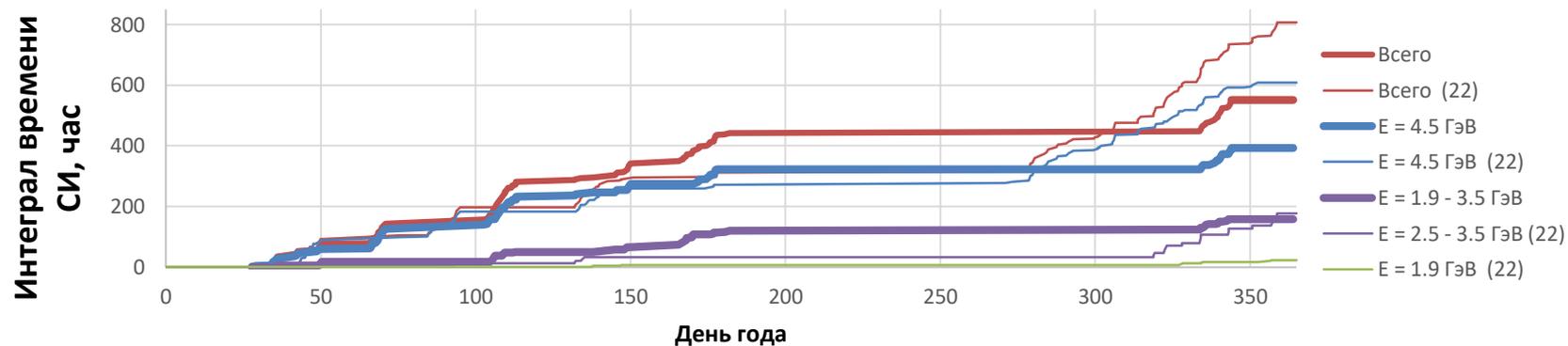
8 EXAFS-спектроскопия



СИ на ВЭПП-3



СИ на ВЭПП-4М



Индикативные параметры за 2023 г

- Опубликовано более 40 статей и тезисов
- Договоры о сотрудничестве с 42 организациями
- Участие в разработке пользовательских станций «СКИФ»
- Участие в разработке устройств генерации и фронтендов вывода излучений «СКИФ»
- Участие в гранте «Новые подходы к созданию источников синхротронного излучения» в рамках ФНТП «Синхротронные нейтронные исследования»

Планы на 2024 г

- Работы с использованием СИ, обеспечение потребностей пользователей ЦКП СЦСТИ
- Организация традиционной конференции SFR-24 (24-27 июня 2024 г.)
- Разработка пользовательских станций для проекта «СКИФ»
- Участие в гранте «Новые подходы к созданию источников синхротронного излучения» в рамках ФНТП «Синхротронные нейтронные исследования» (продление)
- Участие в монтаже различных систем ускорительного комплекса СКИФ, запуск экспериментальных станций первой очереди СКИФ

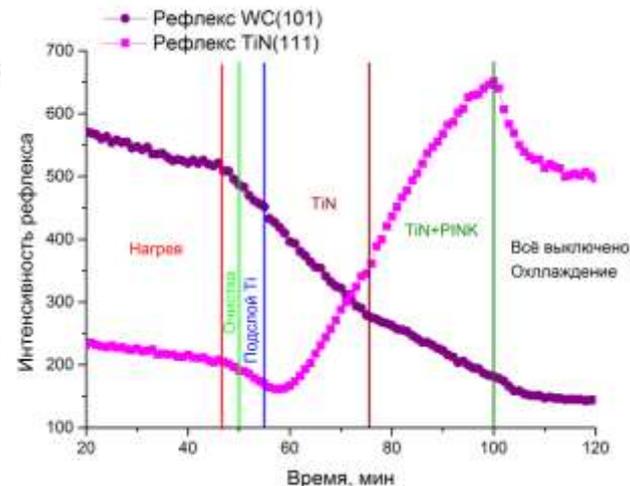
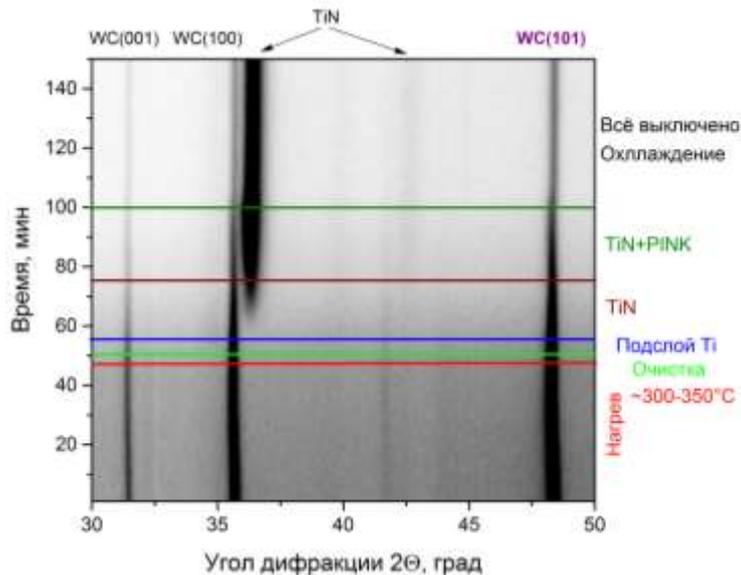
Реализация проекта ФНТП синхротронно-нейтронных исследований «*In situ* методы синхротронных исследований многослойных функциональных структур с уникальными параметрами и свойствами, созданных пучково-плазменной инженерией поверхности»

In Situ диагностика процесса роста покрытия $TiAlN/WC$ в камере ВЭИПС

Вакуумный Электронно-Ионно-Плазменный Стенд (ВЭИПС, ИСЭ СО РАН) на канале СИ №6 ВЭПП-3

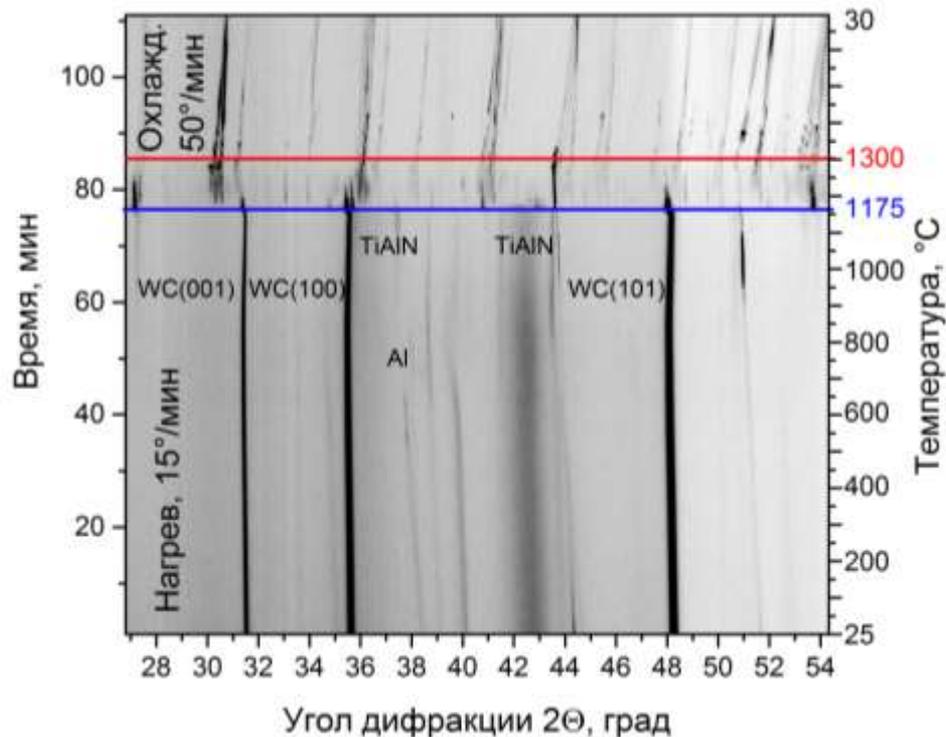
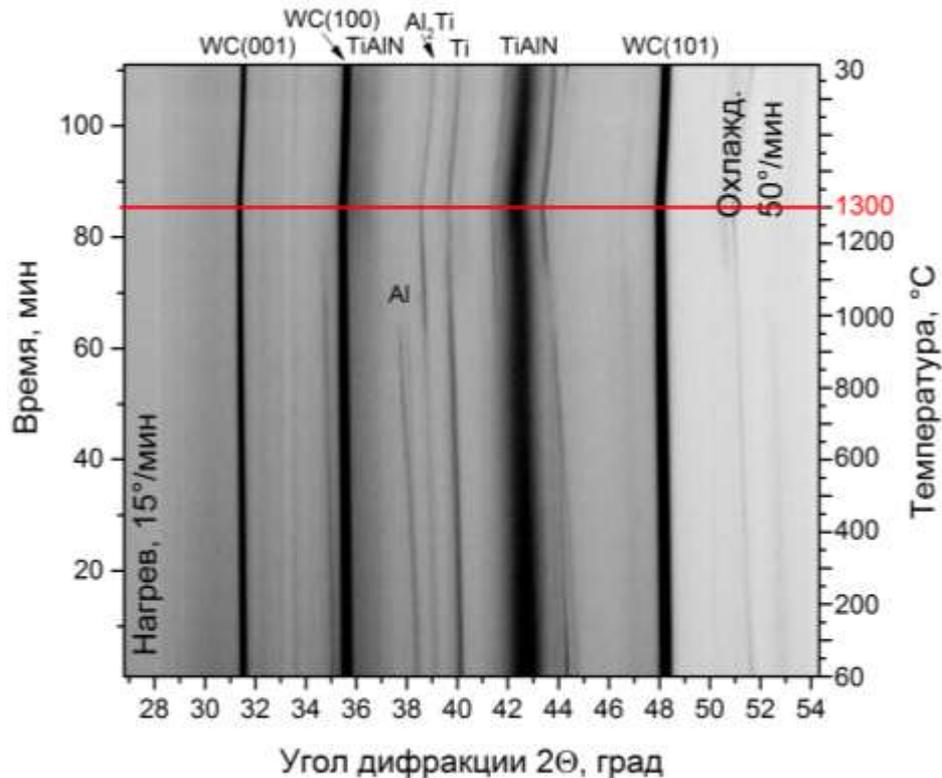
Изменение дифракционных картин образца в процессе нанесения покрытия TiN на подложку из карбида вольфрама

Изменение интенсивностей рефлексов карбида вольфрама $WC(101)$ и нитрида титана $TiN(111)$ в процессе нанесения покрытия



Реализация проекта ФНТП синхротронно-нейтронных исследований «*In situ* методы синхротронных исследований многослойных функциональных структур с уникальными параметрами и свойствами, созданных пучково-плазменной инженерией поверхности»

In Situ диагностика термостойкости (вакуум) и жаростойкости (атмосфера) покрытия TiAlN/WC





¹Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук,

²Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук,

³Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук



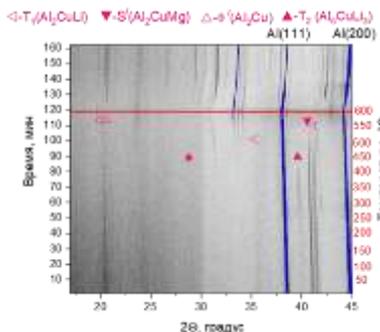
ПРИМЕНЕНИЕ СИНХРОТРОНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОПРОЧНЫХ ЛАЗЕРНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ



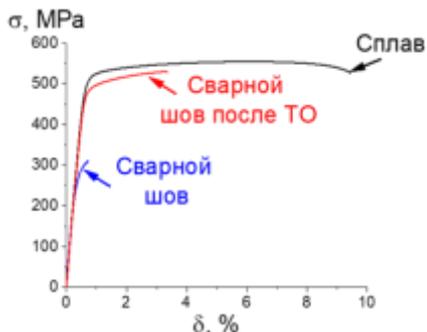
Процесс лазерной сварки Al-Li сплава 3 поколения (ИПТМ СО РАН).

Авторы: Маликов А.Г.^{2,3}, Купер К.Э.¹, Шмаков А.Н.¹, Карпов Е.В.³

Повышение весовой эффективности перспективных изделий авиационно-космической техники возможно благодаря применению алюминий-литиевых сплавов, обладающих пониженной плотностью, а также технологии их соединения с помощью лазерной сварки. В настоящее время разработаны высокопрочные Al сплавы 3 поколения системы Al-Cu-Li с повышенной жесткости. В ИЯФ СО РАН с помощью синхротронного излучения (СИ) проведены исследования в режиме *in situ* и *ex situ* эволюции структурно-фазового состояния неразъемных лазерных сварных соединений. Это позволило в ИПТМ СО РАН разработать режимы пост термообработки (ТО) лазерных сварных соединений по температурно-временным характеристикам, и впервые получить прочность сварного шва алюминиево-литиевого сплава, на уровне прочности основного материала.



Рентгенограммы сварного шва в зависимости от изменения температуры полученные с помощью СИ в режиме *in situ*.



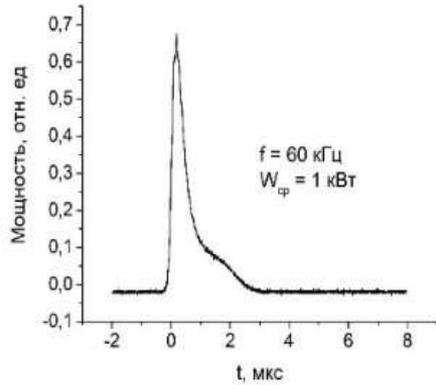
Зависимость напряжения от деформации сплава и сварного шва до и после ТО.

Публикация: Malikov A, Karpov E, Kuper K, Shmakov A. Influence of Quenching and Subsequent Artificial Aging on Tensile Strength of Laser-Welded Joints of Al-Cu-Li Alloy. *Metals*. 2023; 13(8):1393. <https://doi.org/10.3390/met13081393>, IF 2,9



Авторы: Маликов А.Г., Гольшев А.А., Купер К.Э., Завьялов А.П.

Экспериментальные установки

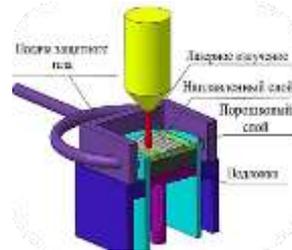


АЛТК «СИБИРЬ 1»
CO₂-лазер =8 кВт, длина волны 10,6 мкм
Непрерывный режим

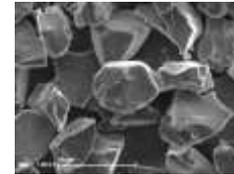


АЛТК «СИБИРЬ 5»
CO₂-лазер =8 кВт, длина волны 10,6 мкм
Импульсно- периодический режим

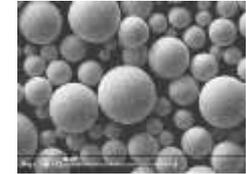
Метод 3D аддитивного выращивания



Поверхностная лазерная наплавка
(LSC - Laser Surface Cladding)



B4C

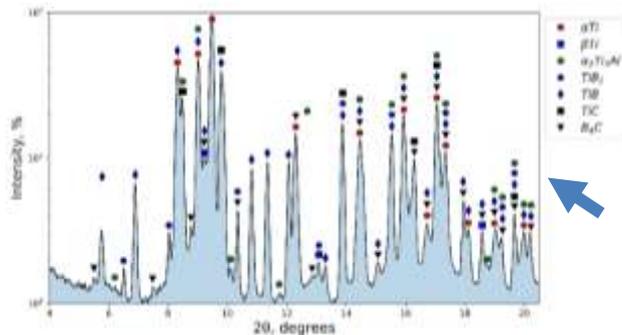


BT-6

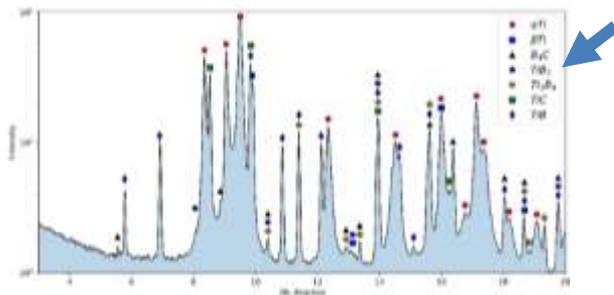
Порошковые материалы BT-6 и керамика B4C

Влияние типа лазерного излучения на фазовый состав металлокерамического материала ВТ-6 – 10% масс. В4С

Рентгенограммы СИ

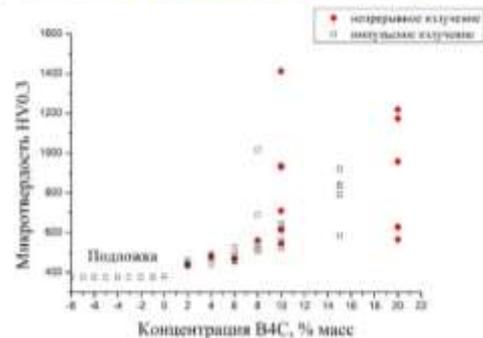
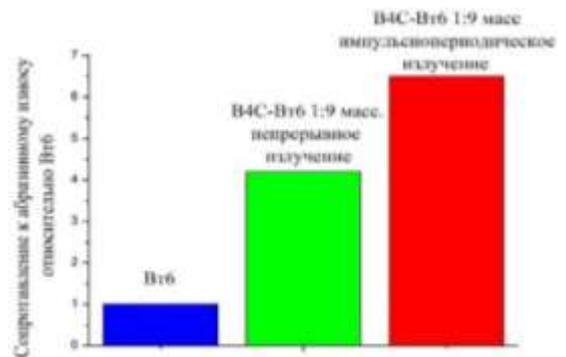


непрерывное излучение CO2-лазера



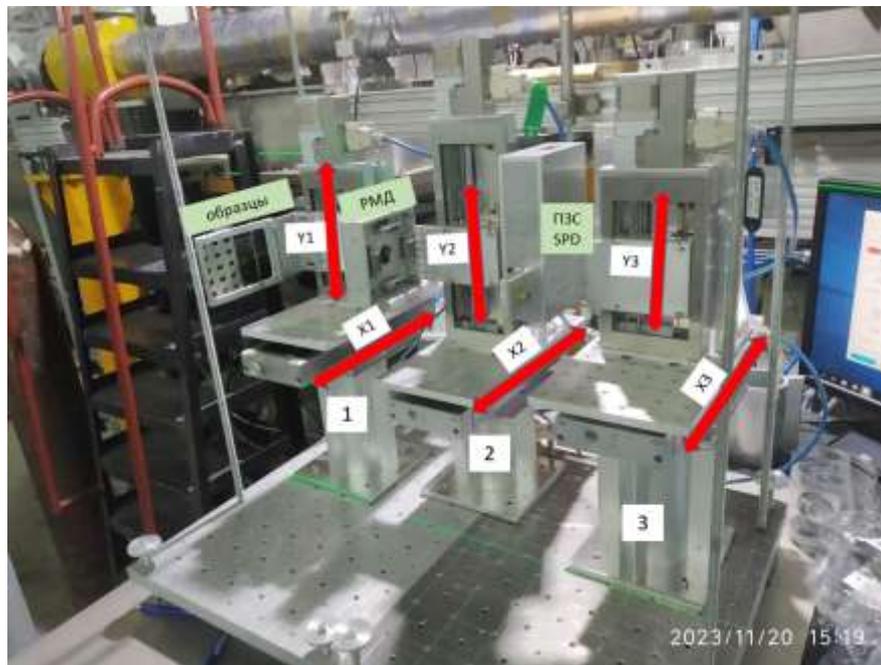
импульсно-периодическое излучение CO2-лазера

В обоих случаях активно протекают процессы фазообразования новых соединений (in situ синтез)



При использовании импульсно-периодического режима механические свойства выше!

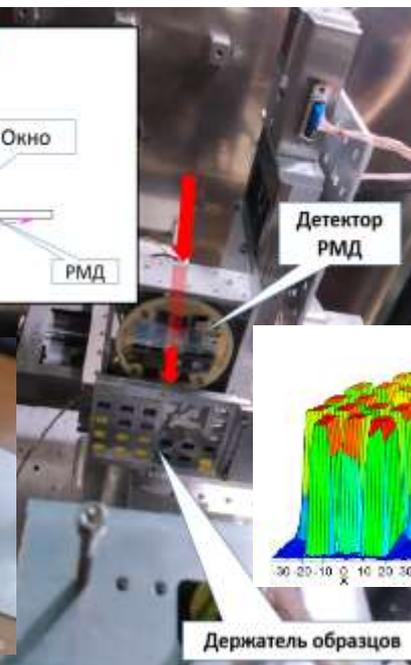
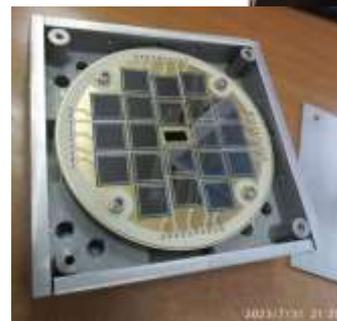
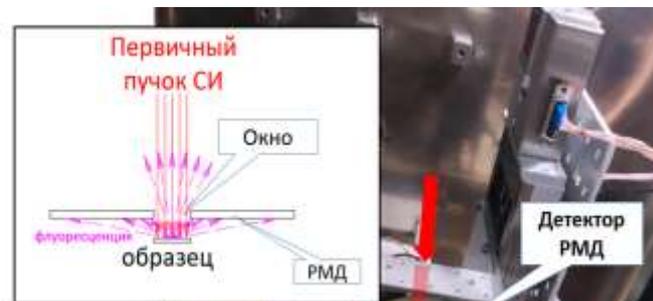
Переоборудование экспериментального объема станции «Космос»



Модернизация механики

Появилась возможность одновременной автоматической подстройки образцов и детекторов по 6 линейным координатам, что расширило круг доступных экспериментов

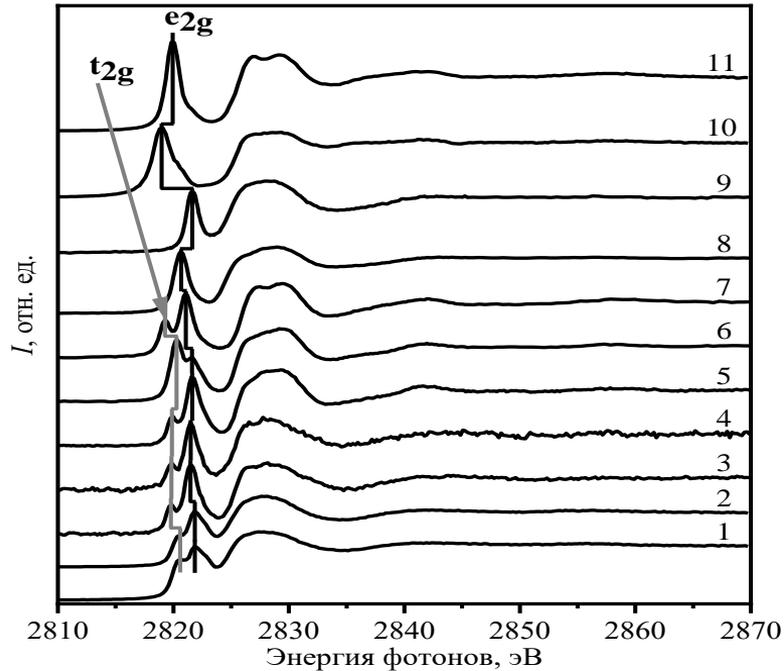
Всего на станции отработано 17 смен, снято более 330 XAFS спектров вблизи K и L - краев элементов, лежащих в мягкой рентгеновской области (2-8 кэВ) Работы проводились со элементами: P, Cl, S, Mo, Fe, Ti, Cr, Mn, Cu.



Разработка многокомпонентного рентгеновского детектора для измерения флуоресценции

Полезный сигнал возрос в 13 раз за счет захвата большего телесного угла. Проведено тестирование пространственной чувствительности.

XAFS спектроскопия в мягкой рентгеновской области на станции СИ ВЭПП-4 «Космос»



XANES спектры K-края Cl хлоридов переходных металлов Pd, Re, Pt, Os, Ir.

На станции «Космос» продолжались работы по предоставлению пучкового времени в рамках функционирования СЦСТИ. Отработано 17 смен, снято более 330 XAFS спектров вблизи K и L - краев элементов, лежащих в мягкой рентгеновской области (2-8 кэВ)

Исследование лабораторных животных с рекомбинантным вирусом осповакцины, экспрессирующего симпортер йодида натрия, для тераностики злокачественных опухолей.



Панорамный снимок тела лабораторной мыши.



Разностная радиография мыши с инъекционно введенным йодсодержащим препаратом.

Технологическая станция СИ на накопителе ВЭПП-4М (учебная станция)

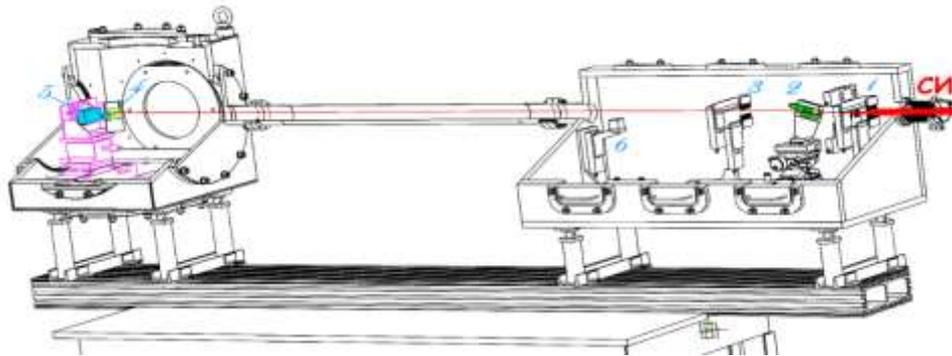
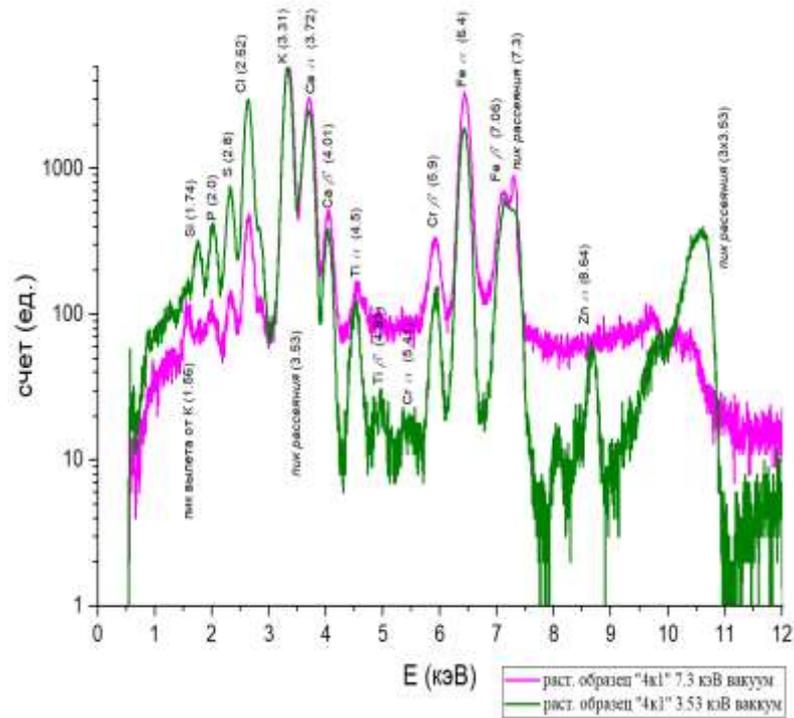


Схема Технологической станции. 1 – блок входных рентгеновских щелей, 2- channel-cut монохроматор, 3 – блок выходных рентгеновских щелей, 4 – образец, 5 – ЭДС детектор, 6- фотодиодный монитор пучка.

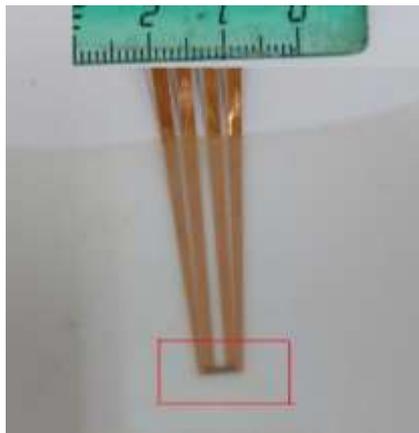


Сравнение спектров флуоресценции стандартного образца травосмеси ТР-1 при энергии возбуждения 3.53 и 7.3 кэВ для сравнения.

Работы 2023 г. на экспериментальных станциях СЦСТИ «Субмикросекундная диагностика (ВЭПП-3)» и «Экстремальное состояние вещества (ВЭПП-4)»



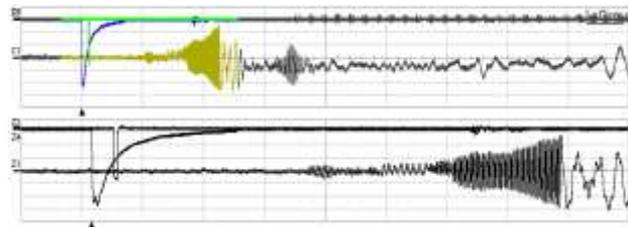
Метод параллельной регистрации процессов методиками СИ, РИФ и манганиновыми датчиками.



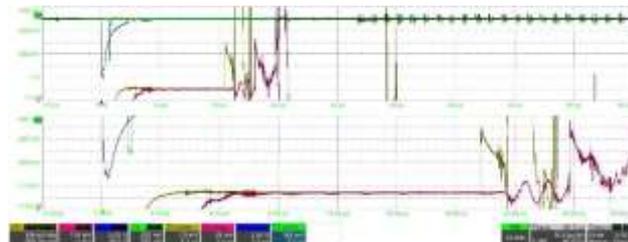
Манганиновый датчик толщиной 20 мкм (выделен красным) имеет четырех зондовый вывод.



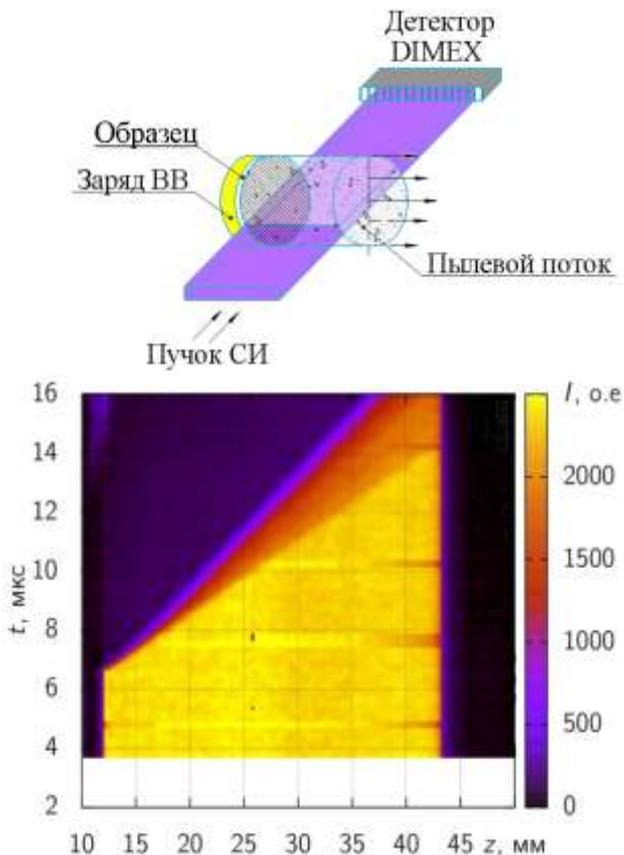
Гермоввод РИФ измерительный.



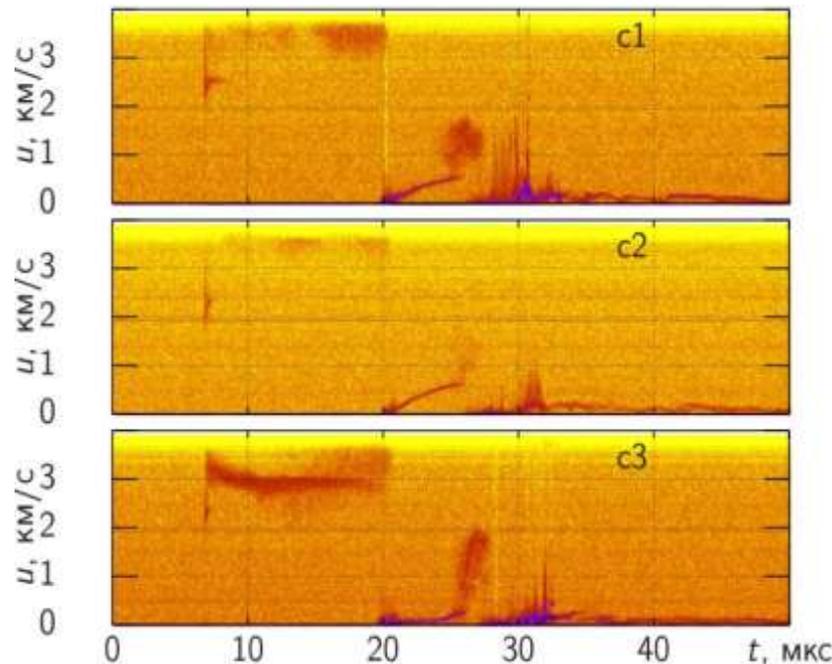
Фрагмент осциллограммы выходного сигнала радиоинтерферометра



Исследование ударно-волнового пыления с помощью синхротронного излучения



Интенсивности проходящего синхротронного излучения для опыта № 1647 с оловянным образцом при остаточном давлении воздуха 0,03 атм.



Спектрограммы построенные по сигналам зарегистрированным методом лазер-гетеродин интерферометра в опыте №5 (1647) с оловянным образцом при остаточном давлении воздуха 0,03 атм