

Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений

- **Научный руководитель** – к.ф. -м.н. Кузнецова Татьяна Владимировна
- **Специальность** 01.04.07 – Физика конденсированного состояния
- **Тема работы**

Исследование электронной структуры методом рентгеновской спектроскопии интерметаллических соединений на основе редкоземельных и 3d- элементов, разработка программного комплекса для обработки рентгеновских спектров и изображений.

- **Задача текущего года**
- Модернизация системы визуализации рентгеновских спектров, источника питания высокого напряжения. Применение рентгеновской эмиссионной спектроскопии (XES) для исследования многокомпонентных металлических соединений.

Результаты, полученные в текущем году

1. Проведена модернизация системы визуализации рентгеновских спектров
2. Получено высокоспиновое и низкоспиновое состояние Fe методом XES
3. Применен метод XES для изучения многокомпонентных порошков, сплавов и покрытий

Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений

■ Статьи

1. Depth-resolved local atomic structure of Fe/Cr multilayer film with GMR effect: Experimental results / Yu.A. Babanov¹, D.A. Ponomarev¹, D.I. Devyaterikov¹, E.Kh. Mukhamedzhanov⁰, M.M. Borisov⁰, M.V. Ryabukhina¹, I.E. Kantur¹, A.V. Korolev¹, M.A. Milyaev¹, L.N. Romashev¹, V.V. Ustinov¹, V.V. Vasin⁰ // Materials Science and Engineering B. — 2020. — V. 253. — P. 114247—114255.
2. X-Ray Image Registration by a Detector Based on Microchannel Plates. Yu. M. Yarmoshenko, I. E. Kantur, V. E. Dolgikh, and T. V. Kuznetsova. Instruments and Experimental Techniques, 2023, Vol. 66, No. 3, pp. 445–450.
3. Кантур И.Э., Долгих В.Е., Ярмошенко Ю.М., Кузнецова Т.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660528 // Оpubл. 06.06.2022.

■ Тезисы докладов на российской конференции

1. Кантур И.Э., Ярмошенко Ю.М., Долгих В.Е., Кузнецова Т.В. «МКП детектор рентгеновского излучения малой интенсивности» VIII Международная молодежная научная конференция «Физика. Технологии. Инновации» (ФТИ-2021)
2. Кантур И.Э., Ярмошенко Ю.М., Немнонов С.Н., Живулин В. Е., Винник Д. А., Королева А.В., Кузнецова Т.В, «Высокоспиновое состояние ионов fe в гексаферритах SrFe₁₂O₁₉». IX Международная молодежная научная конференция Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2022
3. Кантур И.Э., Ярмошенко Ю.М., Долгих В.Е., Кузнецова Т.В. «Детектор рентгеновского излучения на основе микроканальных пластин». XXII Всероссийская школа-семинар по проблемам физики конденсированного состояния вещества (СПФКС-22)

Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений

ЭКЗАМЕНЫ

▪ Экзамен по иностранному языку

Сдан – «Хорошо»

▪ Экзамен по философии

Сдан – «Отлично»

Участие в грантах

- Грант «Умник» № 62108 «Разработка программного комплекса для обработки рентгеновских спектров и изображений в условиях низкой интенсивности излучения, полученных с помощью двумерного рентгеновского детектора»

Руководитель – Кантур Илья Эдуардович

- Проект РФФИ 20-02-00541 «Локальные магнитные моменты и спиновые флуктуации в интерметаллидах на основе редкоземельных и 3d-переходных металлов со структурой $MgCu_2$: особенности электронной структуры и спектральных свойств по данным рентгеновской спектроскопии»

Руководитель - к.ф. -м.н. Кузнецова Татьяна Владимировна

Степень участия – Исполнитель

- Проект РФФИ №23-72-00067 «Применение и развитие методов резонансной рентгеновской фотоэмиссионной спектроскопии для изучения локальных электронных характеристик многокомпонентных функциональных материалов с сильным спин-орбитальным взаимодействием»

Руководитель - к.ф. -м.н. Кузнецова Татьяна Владимировна

Степень участия – Исполнитель

Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений

ТАБЛИЦА ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Показатель	Баллы	Кол-во	Сумма
публикации в изданиях ВАК (вышедшие из печати)	20	1	20
публикации в изданиях ВАК (принятые в печать)	5	0	0
свидетельство о программах для ЭВМ, зарегистрированных в установленном порядке	20	0	0
патент	20	1	20
соавторство в монографии	5	0	0
оформленное ноу-хау	5	0	0
публикации в других изданиях (не тезисы)	2	0	0
тезисы доклада на международной конференции	5	0	0
тезисы доклада на российской конференции	3	1	3
участие в конференции с устным докладом	2	0	0
участие в конференции со стендовым докладом	1	3	3
сданный на «отлично» кандидатский экзамен	20	1	20
сданный на «хорошо» кандидатский экзамен	15	1	15
сданный на «удовлетворительно» кандидатский экзамен	10	0	0
участие в грантах в качестве: исполнителя	5	3	15
участие в грантах в качестве: руководителя	10	1	10
Общая сумма			106

Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕНТГЕНОВСКИХ СПЕКТРОВ



СРАВНЕНИЕ КАМЕР

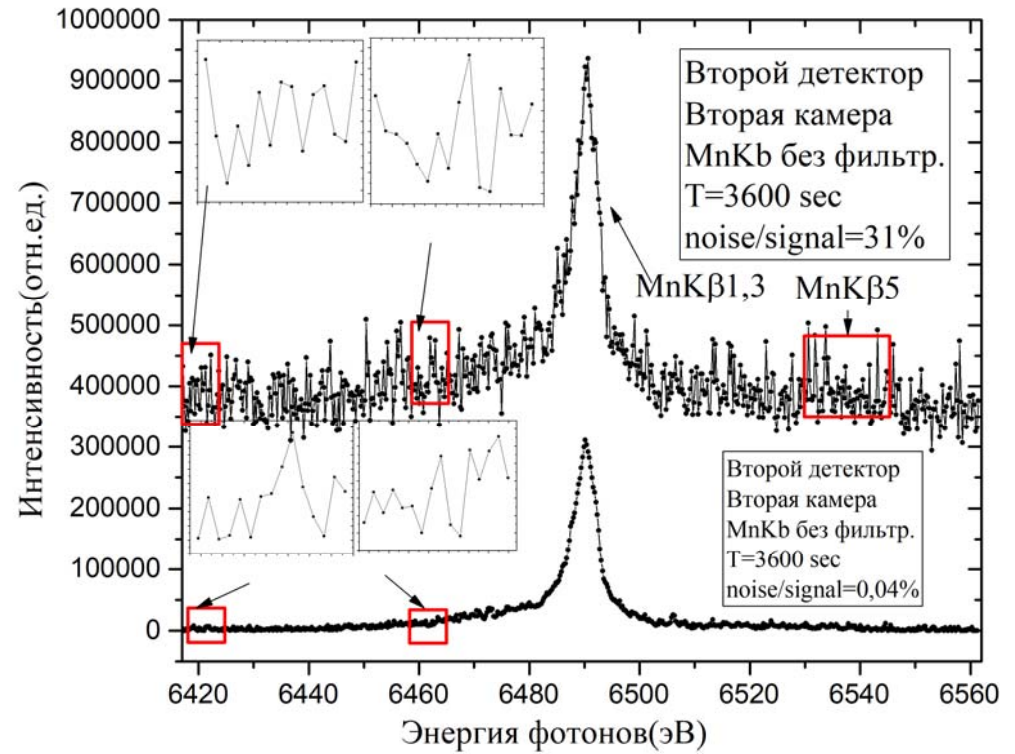
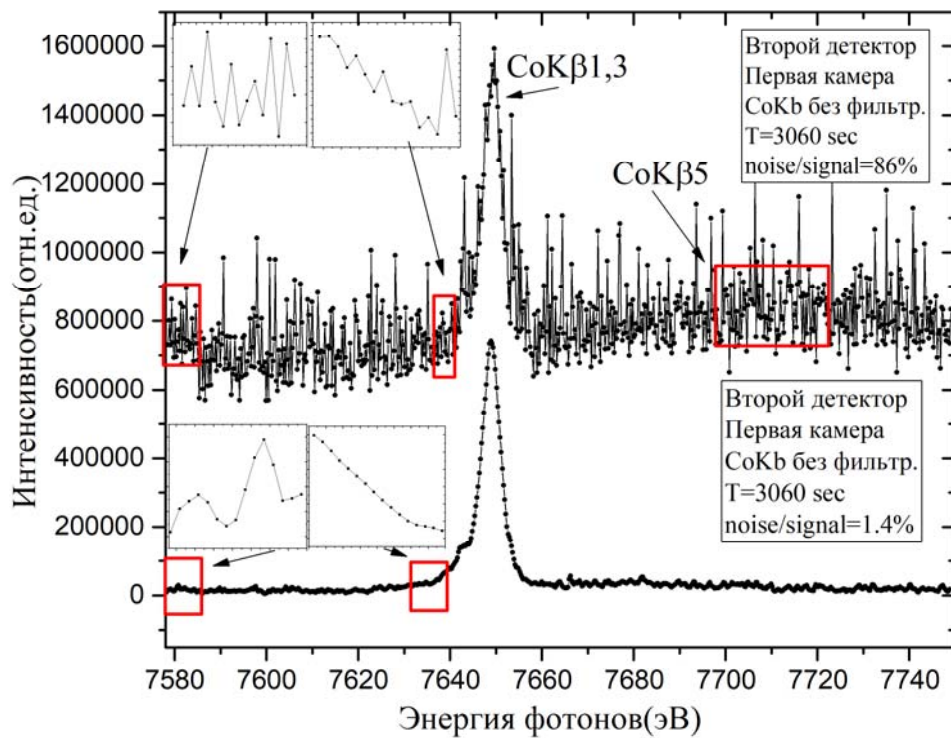
VMR-1400HM-U (№ 1).

- ПЗС-фотоприемник (2/3)" (ICX285AL)
- Размер пикселя: **6.45 × 6.45 мкм.**
- Максимальное разрешение: **1360 × 1040 пикселей.**
- Частота кадров: **16 к/с**
- Время экспозиции: **от 15 мкс до 4 с.**

ZWO ASI 485 MC (№2).

- Цветная матрица (1/1.2)" Sony IMX485
- Размер пикселя: **2.9 × 2.9 мкм.**
- Максимальное разрешение: **3840 × 2160 пикселей.**
- Частота кадров: **39 к/с**
- Время экспозиции: **от 32 мкс до 2000 с.**

СРАВНЕНИЕ КАМЕР

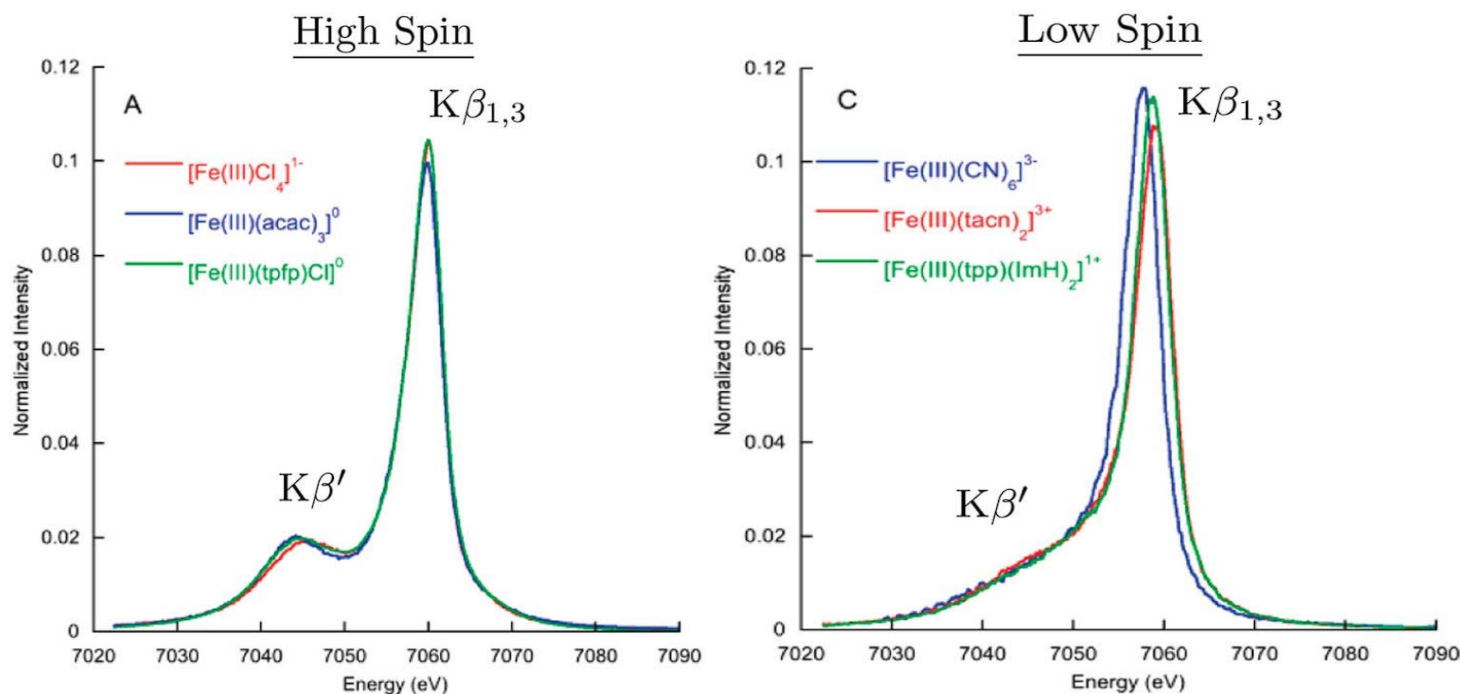


Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений



ВЫСОКОСПИНОВОЕ И НИЗКОСПИНОВОЕ СОСТОЯНИЕ Fe

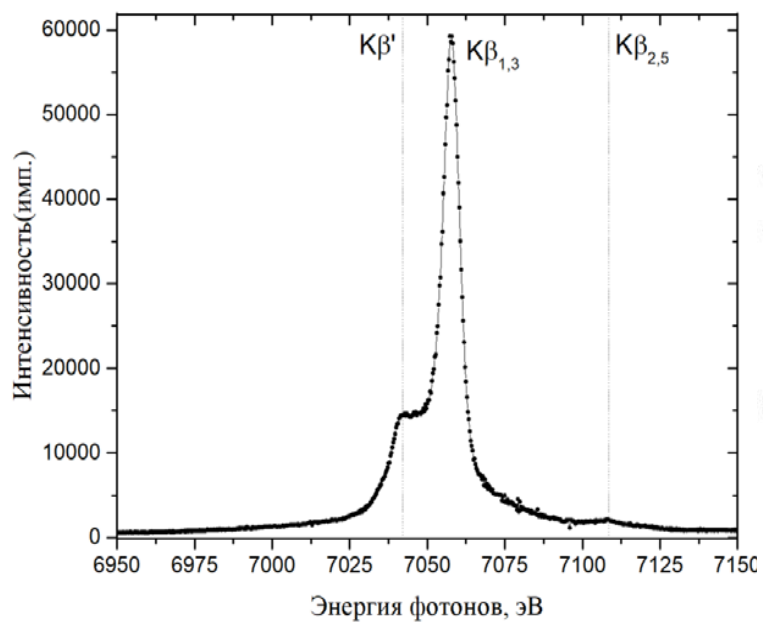
ВЫСОКОСПИНОВОЕ И НИЗКОСПИНОВОЕ СОСТОЯНИЕ



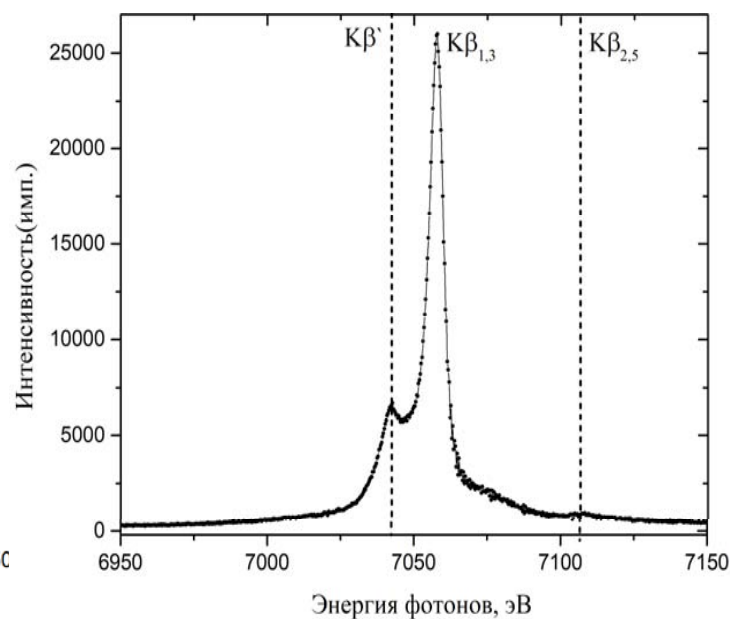
Основные линии Kβ: Kβ_{1,3} с плечом Kβ' в соединениях железа иллюстрируют спиновую чувствительность из-за локального обменного взаимодействия в M-оболочке. Плечо Kβ' практически отсутствует в низкоспиновых, в то время как в высокоспиновых соединениях оно выражено в виде отдельного пика на низкоэнергетической стороне.

Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений

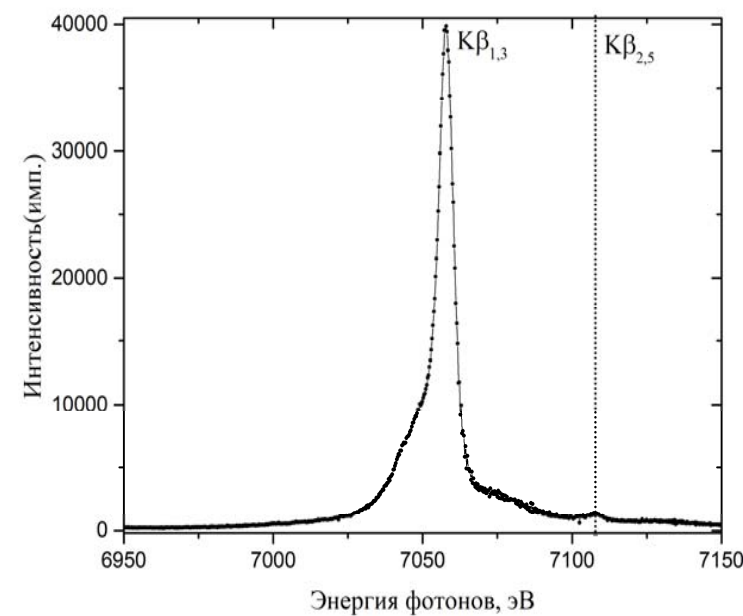
ВЫСОКОСПИНОВОЕ СОСТОЯНИЕ ИОНОВ FE В ГЕКСАФЕРРИТАХ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$



XES спектр $K\beta$ Fe гексаферрита $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$



Рентгеновский эмиссионный спектр $K\beta$ Fe в $\text{SrFe}_{11.31}\text{Ti}_{0.39}\text{Al}_{0.29}\text{O}_{19}$



Рентгеновский эмиссионный спектр $K\beta$ чистого Fe

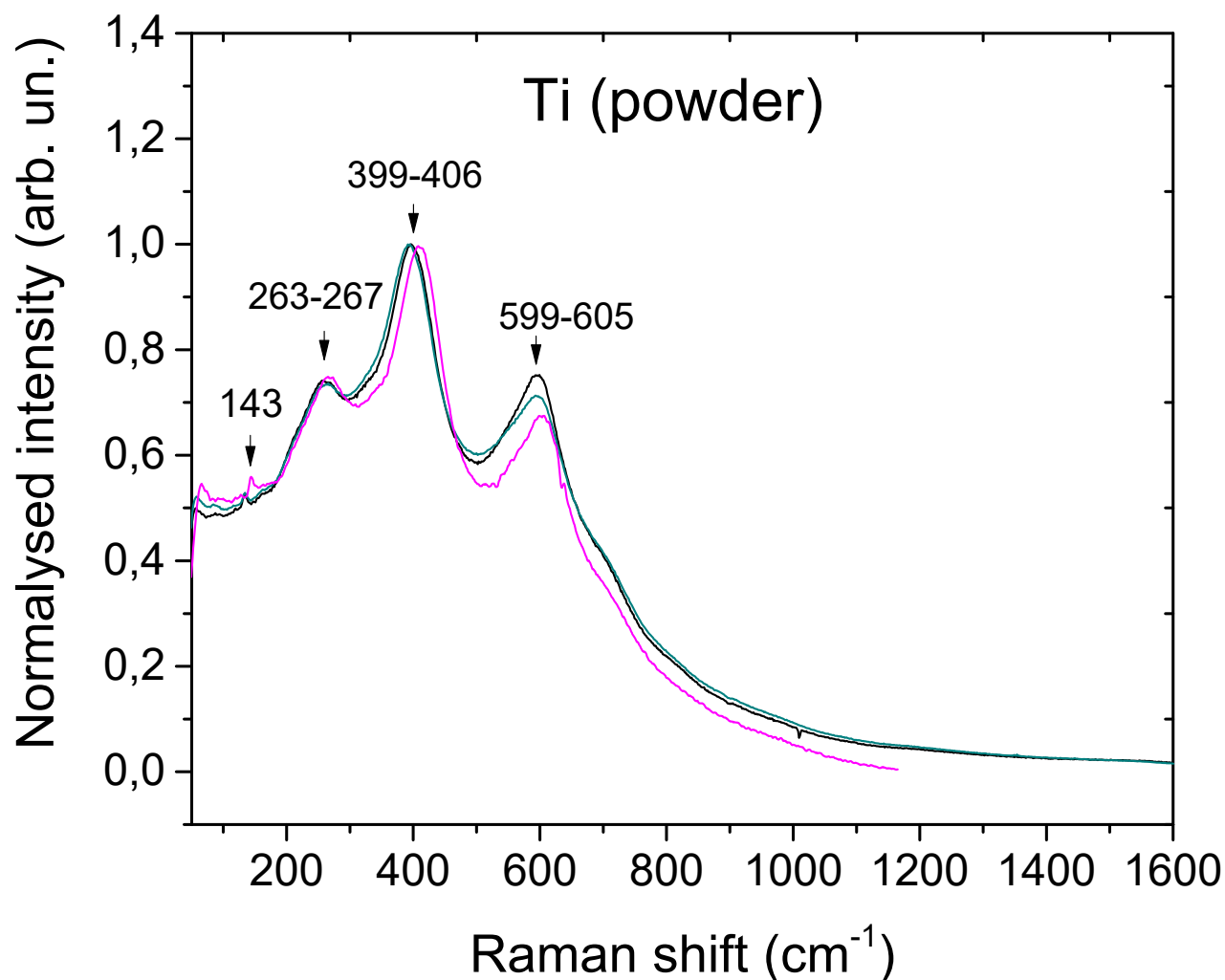
Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений



ПРИМЕНЕНИЕ ХЭС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

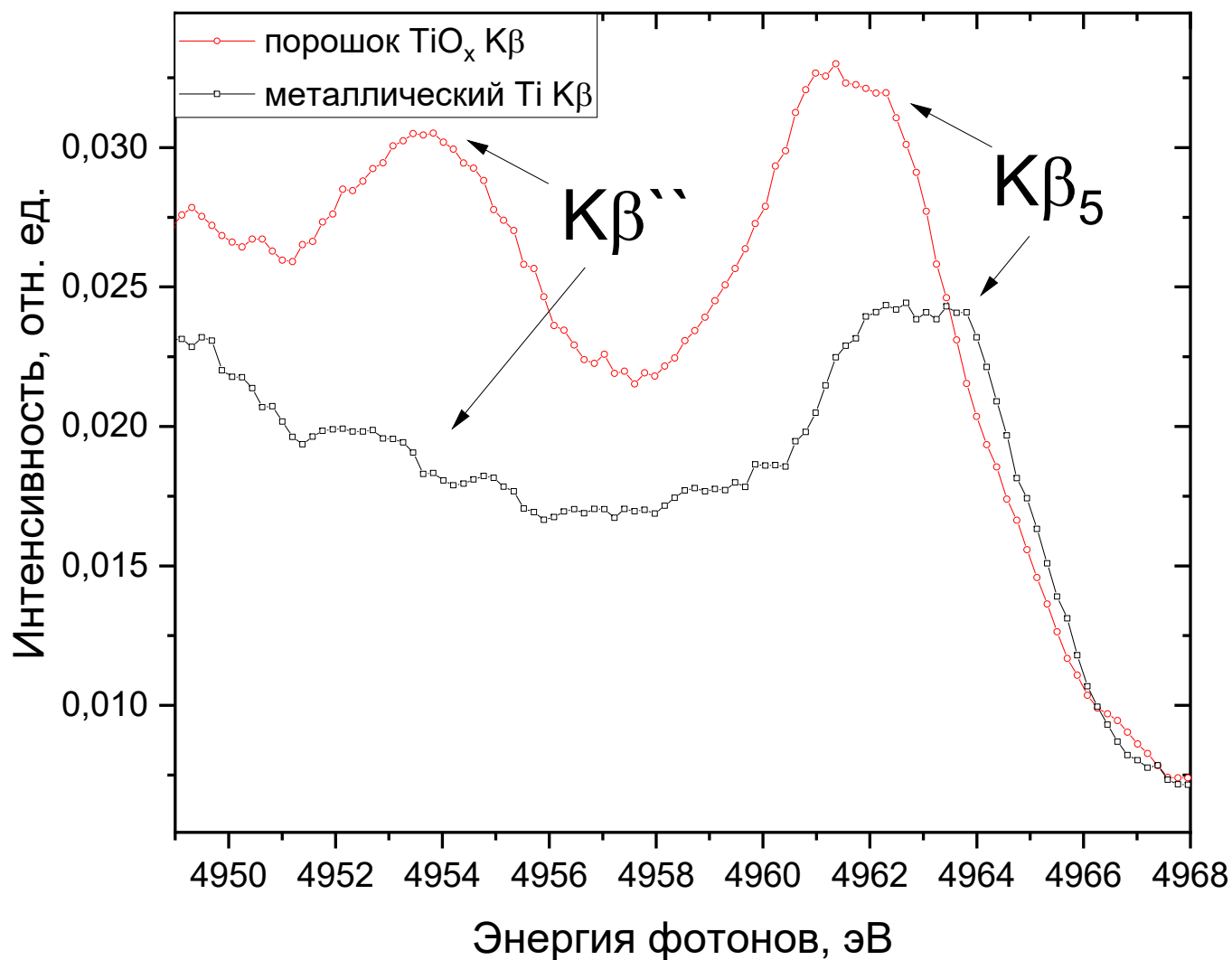


Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений



РАМАНОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ПОРОШКА ТИ

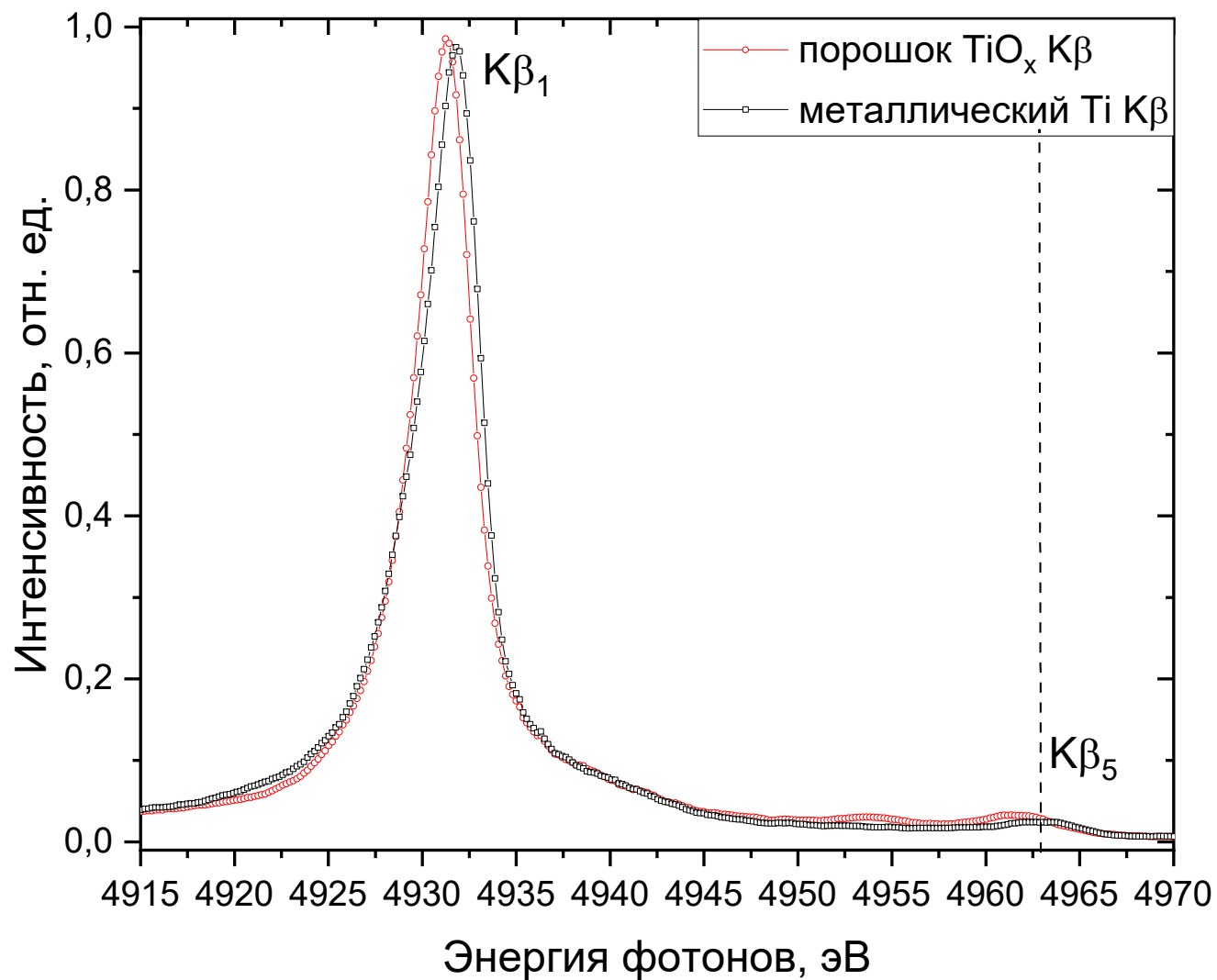
По данным спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС) на спектрах порошка титана присутствуют пики на частотах 143, 263-267, 399-406, 599-605 см⁻¹, характерные для монооксида титана TiO (с кубической кристаллической решеткой). Пики, соответствующие углероду, в детектированных спектрах отсутствуют, что показывает, что в порошке Ti нет карбидов титана.



ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОШКА TiO_x

На графике
проиллюстрировано
сравнение спектров
 Ti :

- порошка
(красный)
- металлической
пластины
(черный)

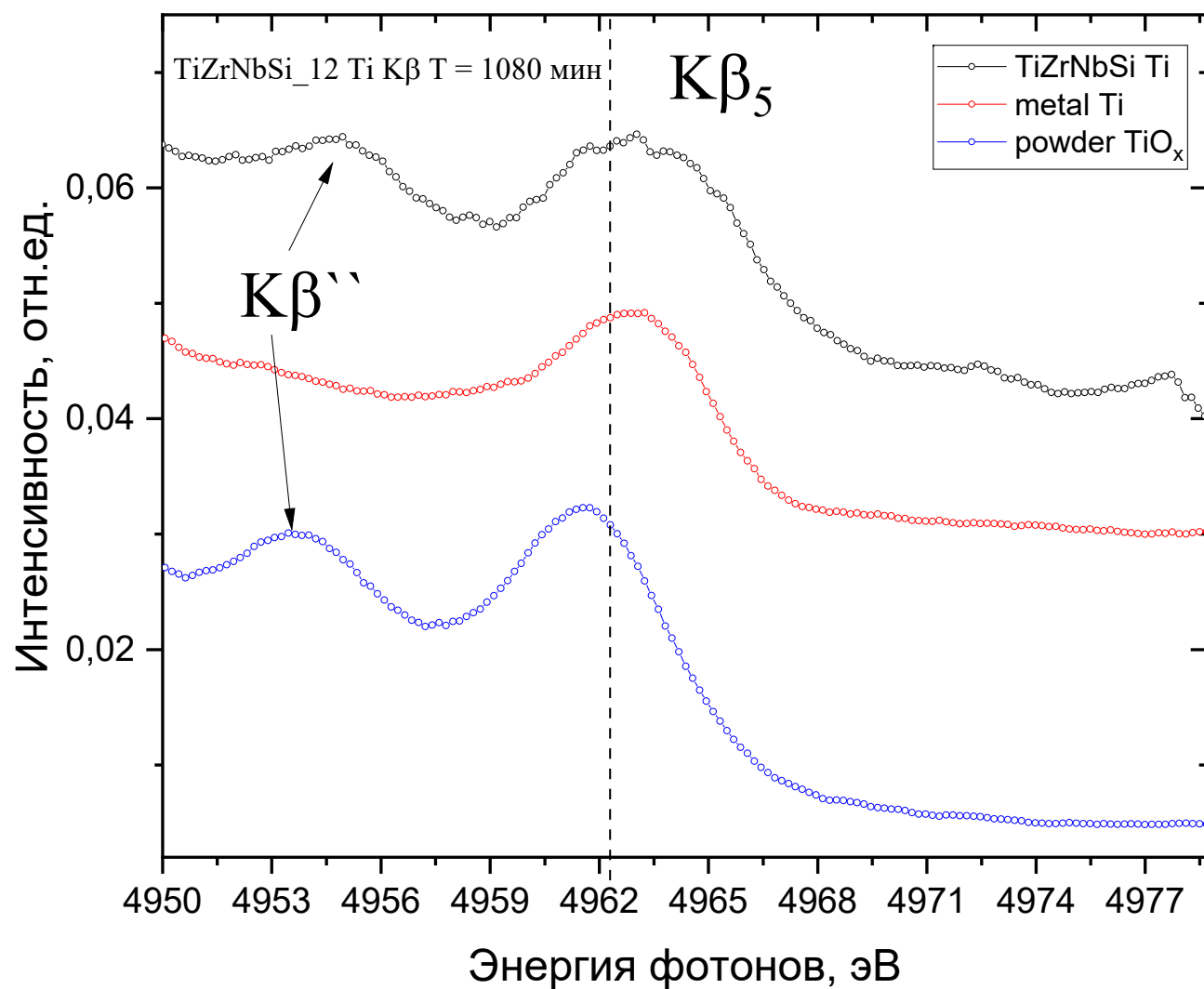


ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОШКА TiO_x

На графике
проиллюстрировано
сравнение спектров
Ti:

- порошка
(красный)
- металлической
пластины
(черный)

Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений

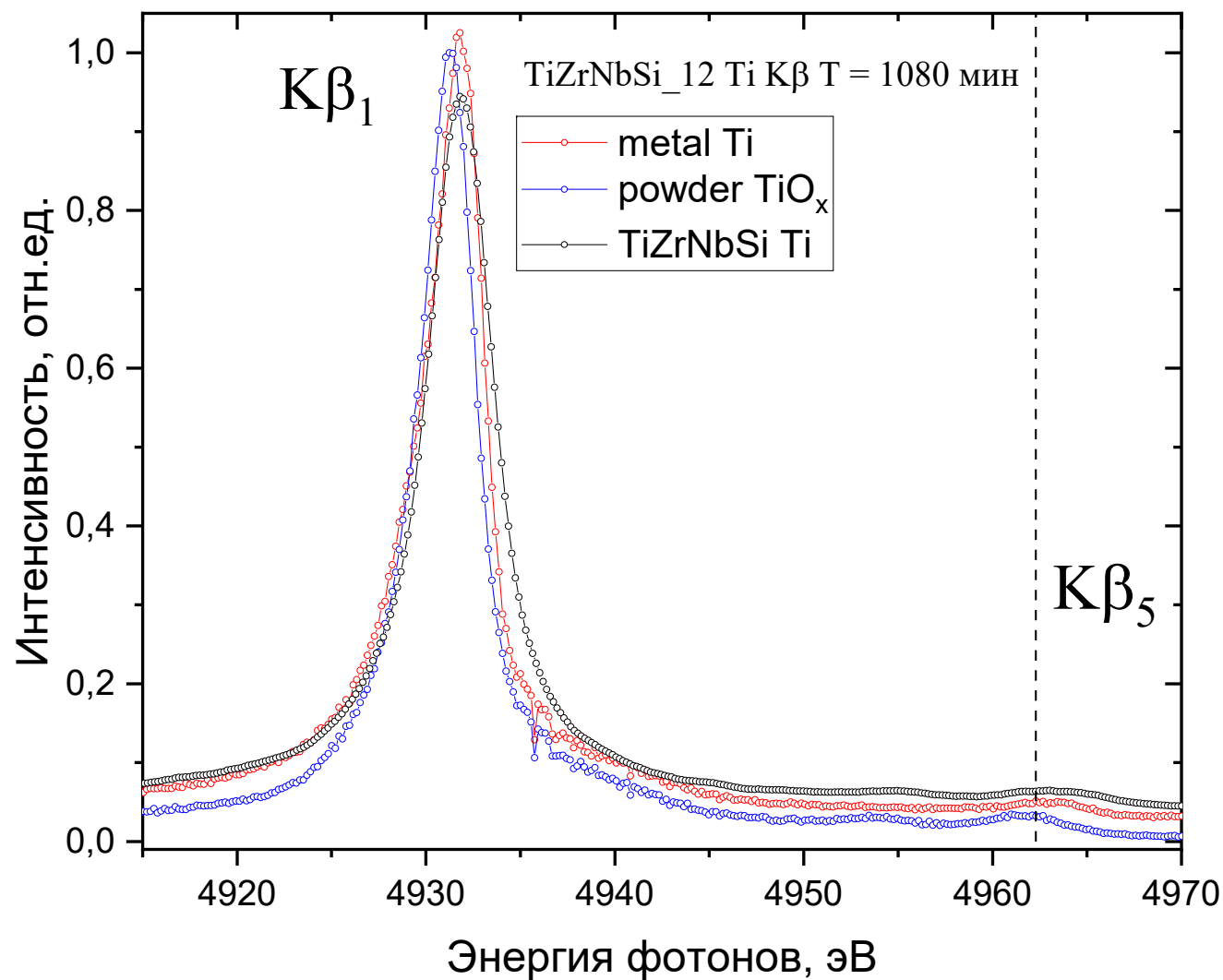


ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОШКА С МЕХАНО- АКТИВАЦИЕЙ TiZrNbSi

На графике проиллюстрировано сравнение спектров Ti:

- Металлической пластины (красный)
- Порошка (синий)
- Порошок с механактивацией (черный)

Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений



ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОШКА С МЕХАНО- АКТИВАЦИЕЙ **TiZrNbSi**

На графике проиллюстрировано сравнение спектров Ti:

- Металлической пластины (красный)
- Порошка (синий)
- Порошок с механо-активацией (черный)

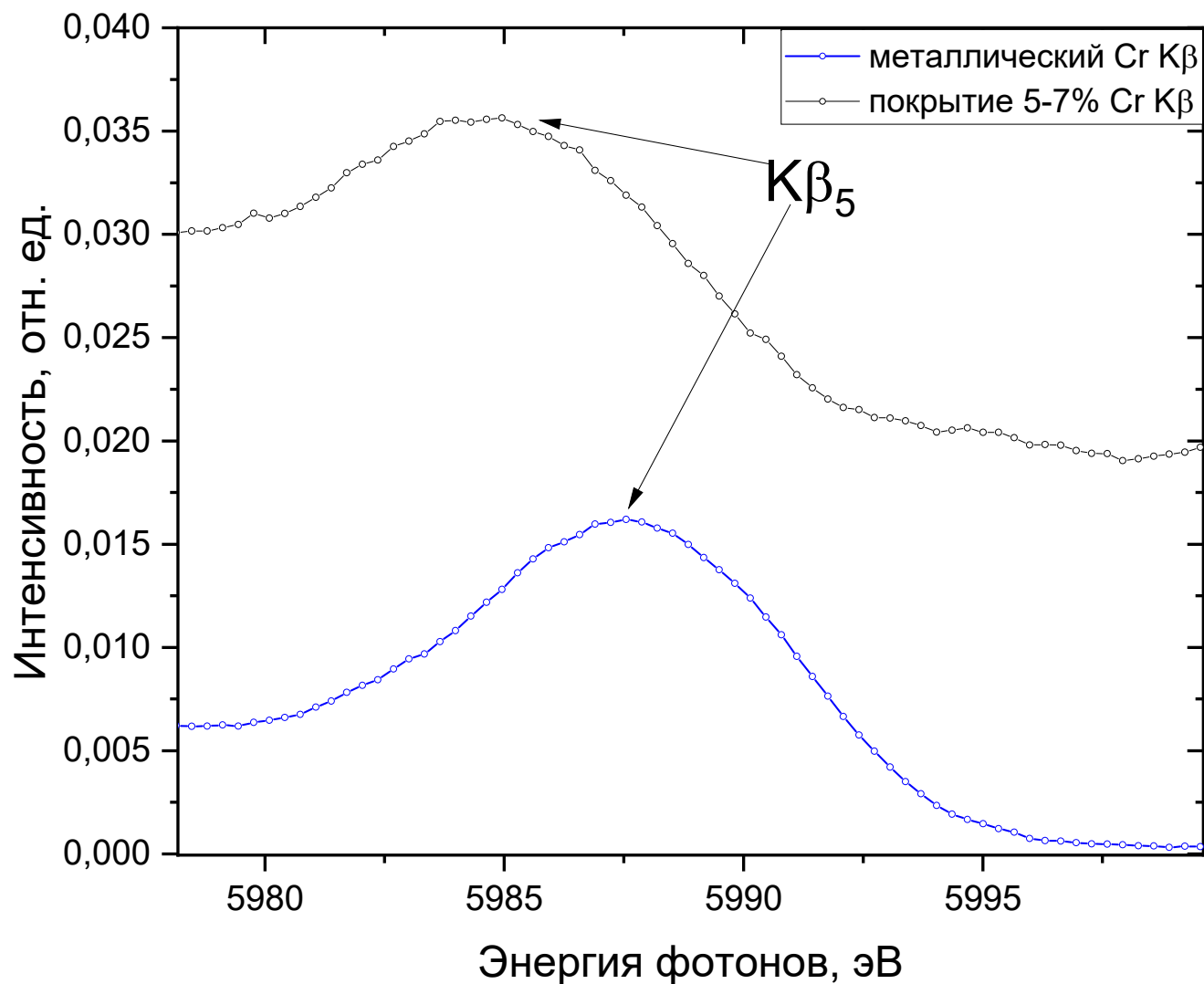
Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений



ПРИМЕНЕНИЕ XES ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СПЛАВОВ И ПОКРЫТИЙ



Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений

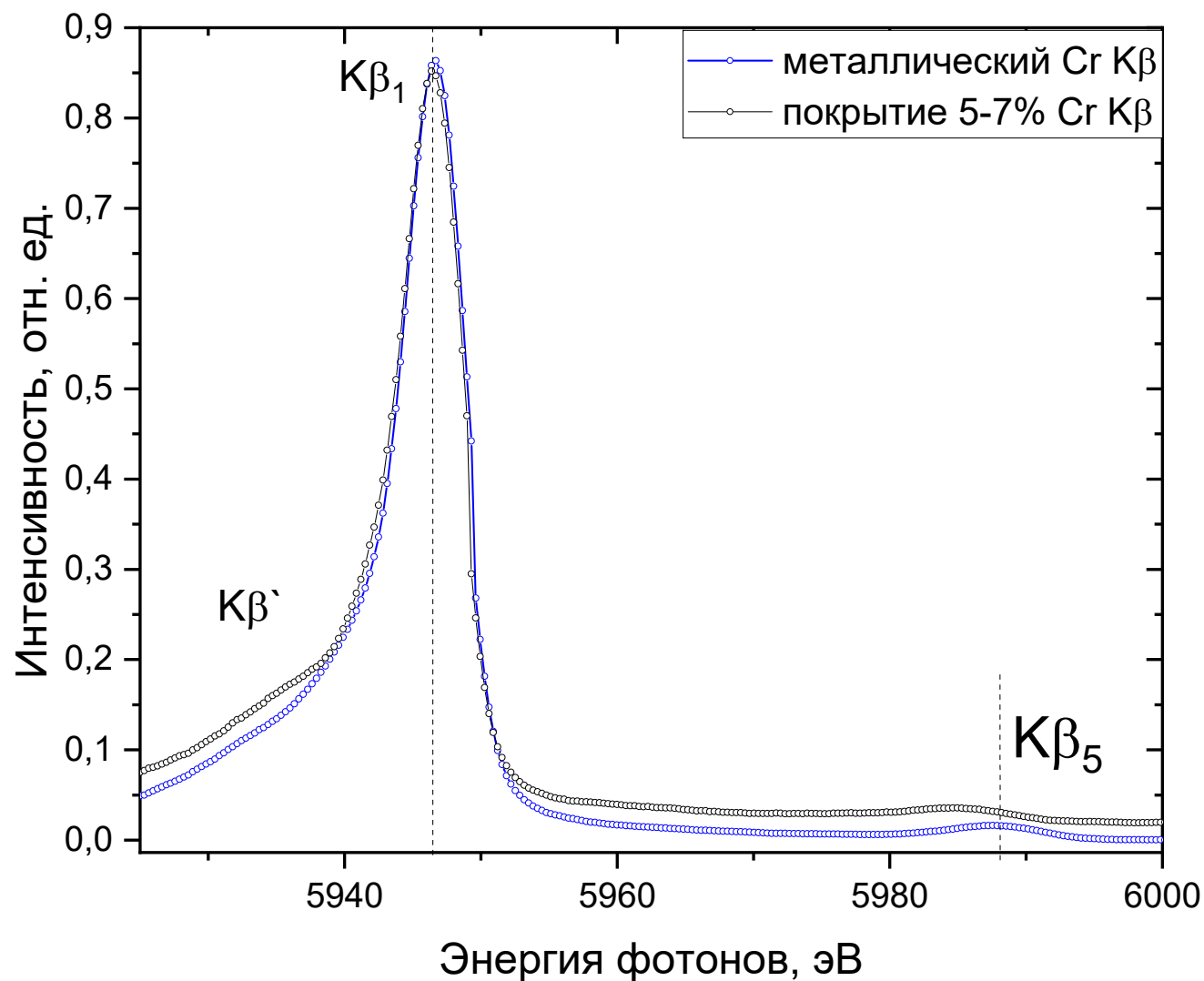


ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ СТАЛИ СТ40 С ПОКРЫТИЕМ FeCrNi + В4С 5-7%

На графике
проиллюстрировано
сравнение спектров
Cr:

- Металлической пластины (синий)
- В составе покрытия (черный)

Аспирант 3 года обучения Кантур Илья Эдуардович лаборатория электрических явлений



ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ СТАЛИ СТ40 С ПОКРЫТИЕМ FeCrNi + В4С 5-7%

На графике
проиллюстрировано
сравнение спектров
Cr:

- Металлической пластины (синий)
- В составе покрытия (черный)

ПЛАН НА СЛЕДУЮЩИЙ ГОД

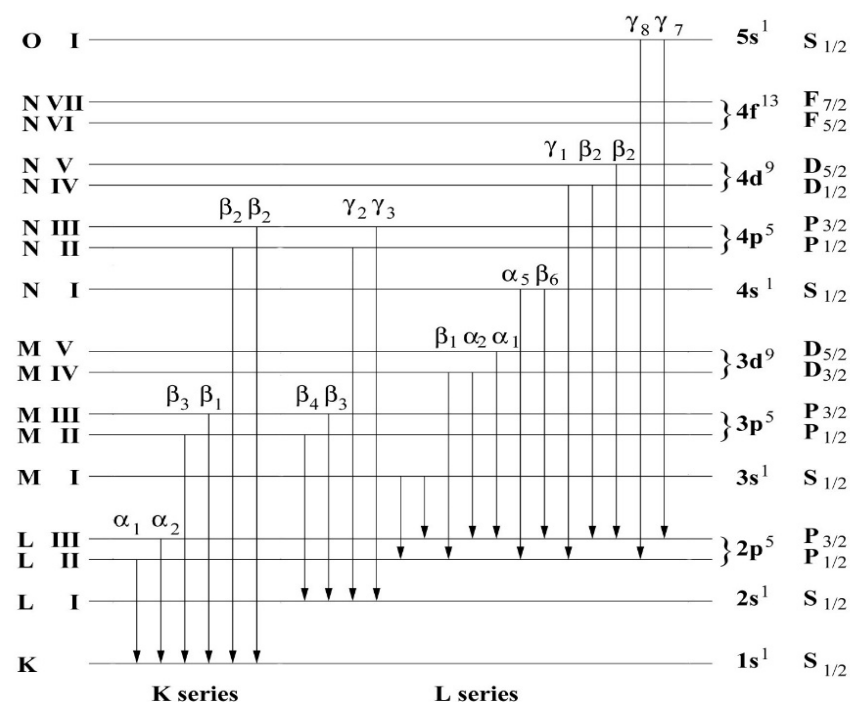
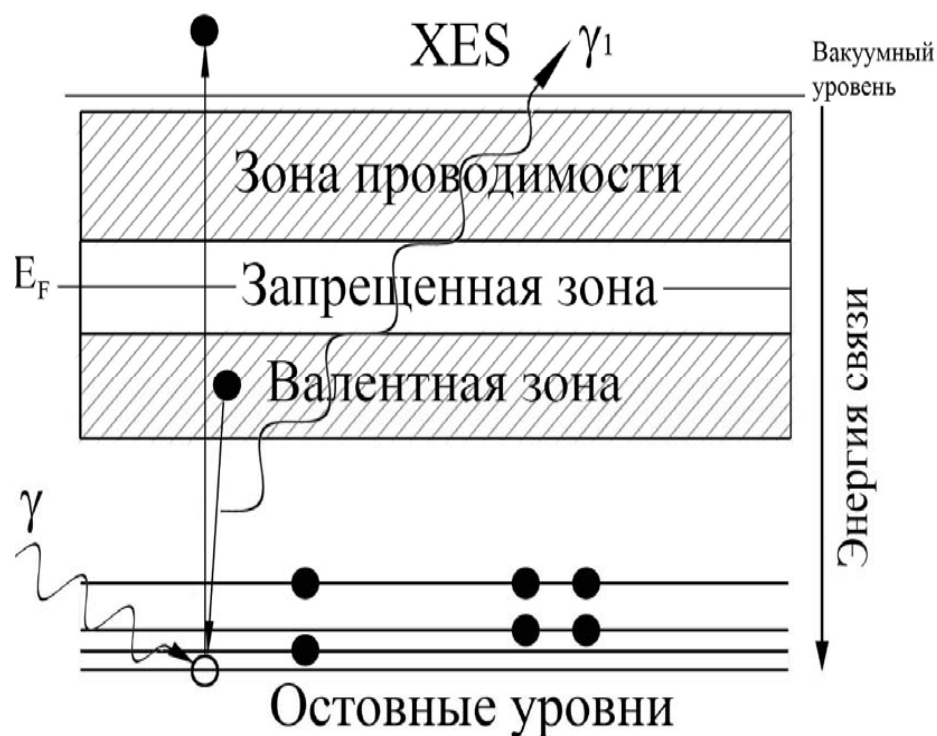
- Улучшение системы регистрации рентгеновского излучения путем модернизации детектирующей части (камера с активным охлаждением, детектор с увеличенным коэффициентом усиления). Цель: увеличить эффективность, минимизировать зависимость от размера образца, сокращение времени накопления.
- Согласование компонентов системы.
- Расширение области исследуемых образцов: изучение пленок, полупроводников, диэлектриков.
- Публикация полученных результатов.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Make X-ray Detection Available Again

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СЛАЙДЫ

РЕНТГЕНОВСКАЯ ЭМИССИОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ (ХЕС)



Схематичное представление процесса рентгеновской эмиссионной спектроскопии.

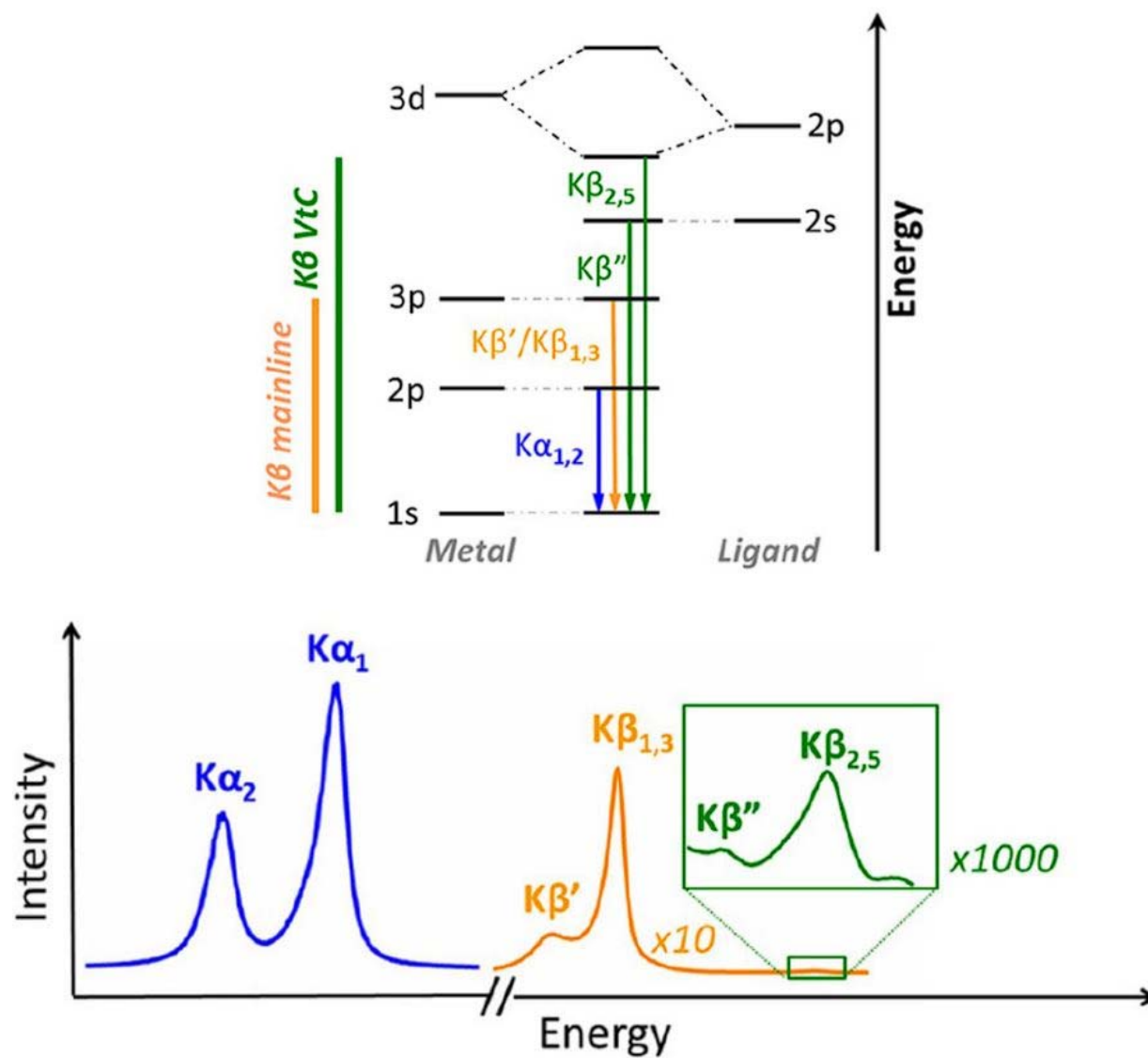


Диаграмма энергетических уровней с соответствующими переходами и иллюстрация относительных интенсивностей эмиссионных линий К.