

Аспирант 1 года обучения **Беляев Данил Викторович** лаборатория электрических явлений

Научный руководитель – к.ф.-м.н. Кузнецова Татьяна Владимировна

Специальность 1.3.8 – физика конденсированного состояния

Тема работы – Атомная структура и электронные свойства халькогенидных материалов с сильным спин-орбитальным взаимодействием и гибридных наноструктур на их основе.

Задачи текущего года:

- Исследовать соединения халькогенидных материалов методом рамановской спектроскопии;
- Провести облучение топологических изоляторов пучком ускоренных электронов;
- Обработать результаты магнито-оптических измерений топологического изолятора $\text{Bi}_{1.1}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$;
- Синтезировать соединения $\text{Cr}_{1-y}\text{Ti}_y(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_2$ и $\text{Ti}_{1-y}\text{Cr}_y(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_2$ с $x=[0.1, 0.2, 0.25, 0.3]$ и $y=[0.05, 0.1, \dots, x+0.05]$.

Аспирант 1 года обучения **Беляев Данил Викторович** лаборатория электрических явлений

Апробация работы

Тезисы докладов на конференциях

1. Беляев Д.В., Кузнецова Т.В., Применение сканирующей туннельной микроскопии для исследования низкоразмерных и слоистых систем. XXII Всероссийская школа - семинар по проблемам физики конденсированного состояния вещества (СПФКС-22) памяти М. И. Куркина.
2. Беляев Д.В., Якушев М.В., Орлита М., Гребенников В.И., Кох К.А., Терещенко О.Е., Кузнецова Т.В., Магнито-оптическая спектроскопия топологического изолятора $\text{Bi}_{1.1}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$. X Международная молодежная научная конференция Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2023.
3. Беляев Д. В. , Сарычев М.Н., Иванов В.Ю., Кох К.А. , Терещенко О.Е. , Кузнецова Т.В., Исследование влияния облучения высокоэнергетическими электронами на свойства бинарных топологических изоляторов с разным типом проводимости. XVI международная конференция – Забабахинские Научные Чтения 2023.
4. Беляев Д.В., Титов А.А., Корх Ю. В., Титов А.Н., Кузнецова Т.В., Применение рамановской спектроскопии для исследования дихалькогенидов переходных металлов. XV Симпозиум с международным участием «Термодинамика и материаловедение» (с 3 по 7 июля).

Аспирант 1 года обучения **Беляев Данил Викторович** лаборатория электрических явлений

Экзамены

Экзамен по иностранному языку – «Отлично»

Зачет по педагогике – «Сдан»

Участие в грантах

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 – Кузнецова Т.В., кандидат физико-математических наук

Степень участия – исполнитель

Выступления на конференциях

Сделано докладов:

стендовых – 4

Аспирант 1 года обучения **Беляев Данил Викторович** лаборатория электрических явлений

Публикации в работе

1. M.V. Yakushev, T.V. Kuznetsova, D.V. Belyaev, V.I. Grebennikov, M. Orlita, K.A. Kokh, R.W. Martin, O.E. Tereshchenko. An infrared magneto-optical study of the topological insulator $\text{Bi}_{1.1}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$. Phys. Rev. Materials.
2. Д.В. Беляев, Ю.В. Корх, А.А. Титов, А.Н. Титов, Т.В. Кузнецова. Рамановская спектроскопия ZrSe_2 , интеркалированного хромом. журнал Оптика и спектроскопия.
3. Д.В. Беляев, Ю.В. Корх, Е.И. Шредер, А.А. Титов, А.Н. Титов, Т.В. Кузнецова. Оптическая спектроскопия дихалькогенидов MX_2 ($\text{M}=\text{Ti}, \text{Hf}, \text{Zr}$; $\text{X}=\text{S}, \text{Se}, \text{Te}$). журнал Оптика и спектроскопия.

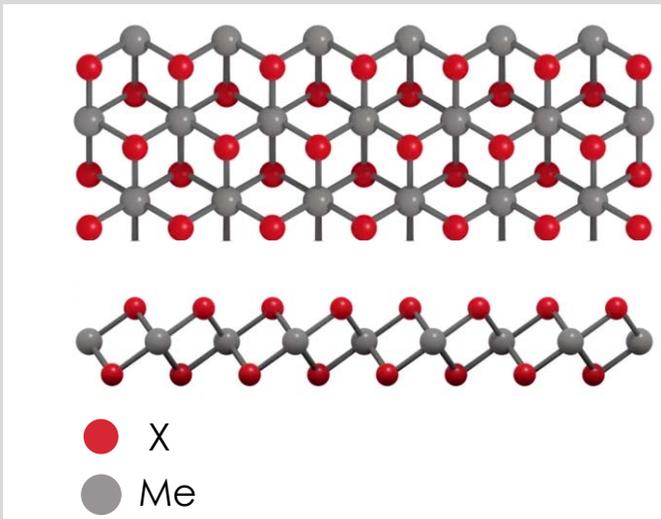
Аспирант 1 года обучения **Беляев Данил Викторович** лаборатория электрических явлений

Показатель	Баллы	Кол-во	Сумма
публикации в изданиях ВАК (вышедшие из печати)	20	0	0
публикации в изданиях ВАК (принятые в печать)	5	0	0
свидетельство о программах для ЭВМ, зарегистрированных в установленном порядке	20	0	0
патент	20	0	0
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	3	15
тезисы доклада на российской конференции	3	1	3
участие в конференции с устным докладом	2	0	0
участие в конференции со стендовым докладом	1	4	4
сданный на «отлично» кандидатский экзамен	20	1	20
сданный на «хорошо» кандидатский экзамен	15	0	0
сданный на «удовлетворительно» кандидатский экзамен	10	0	0
участие в грантах в качестве: исполнителя	5	1	5
участие в грантах в качестве: руководителя	10	0	0
Общая сумма			47

Халькогенидные материалы

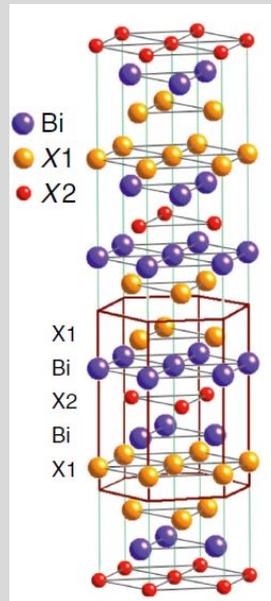
Дихалькогениды переходных металлов

- Слоистая гексагональная (TiX_2) или октоэдрическая (HfX_2 , ZrX_2) 1T структура.
- Пространственная группа $R\bar{3}m1$.



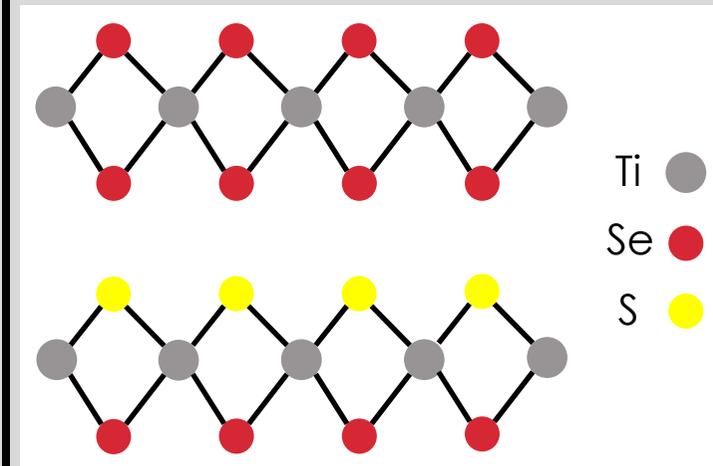
Топологические изоляторы

- Слоистая тригональная структура (Bi_2Se_3 , Bi_2Te_3).
- Пространственная группа $R\bar{3}m$.



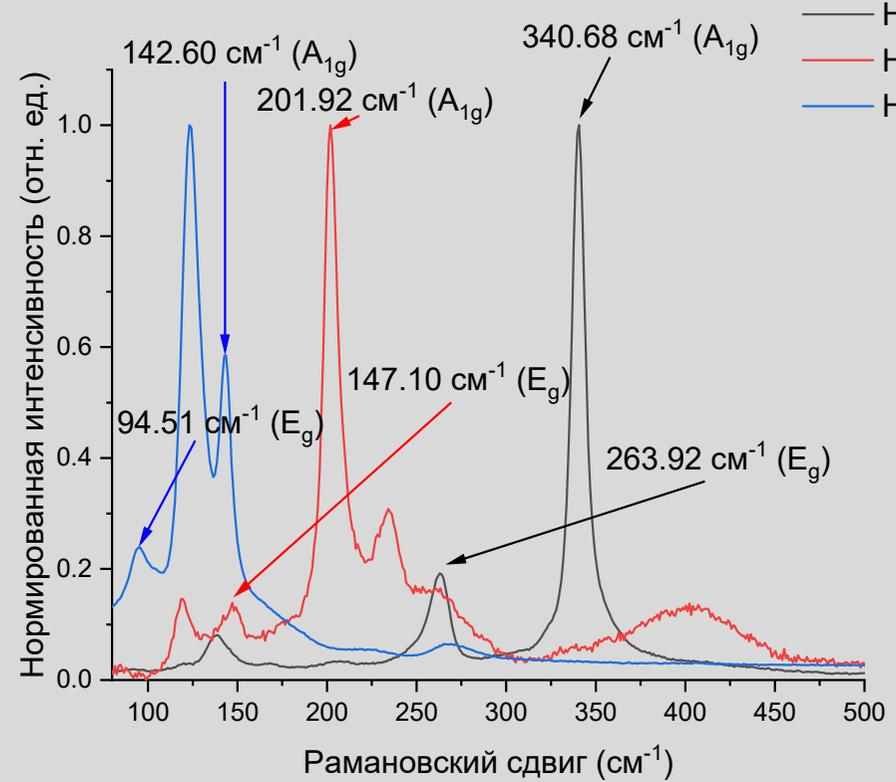
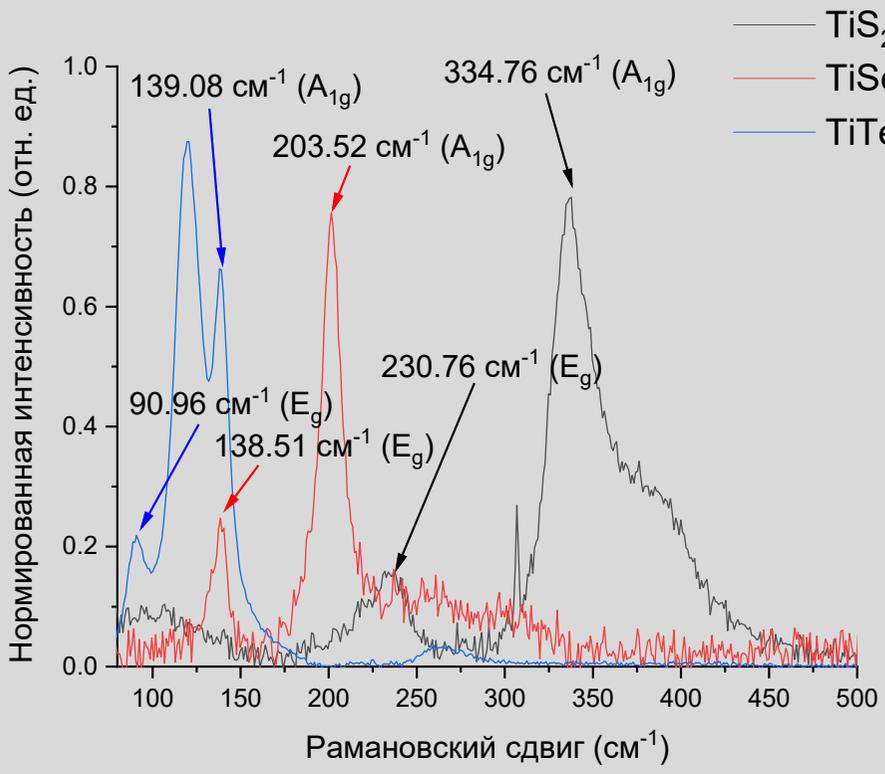
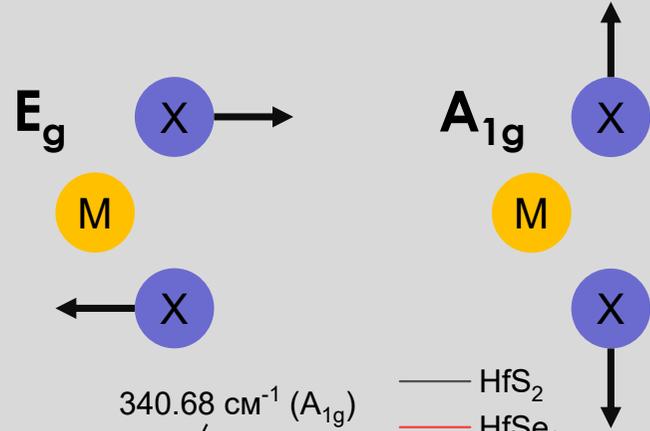
Янусовские структуры

- Слоистая структура, в которой происходит замещение одного из слоев халькогена на другой ($MoSSe$, $TiSSe$).



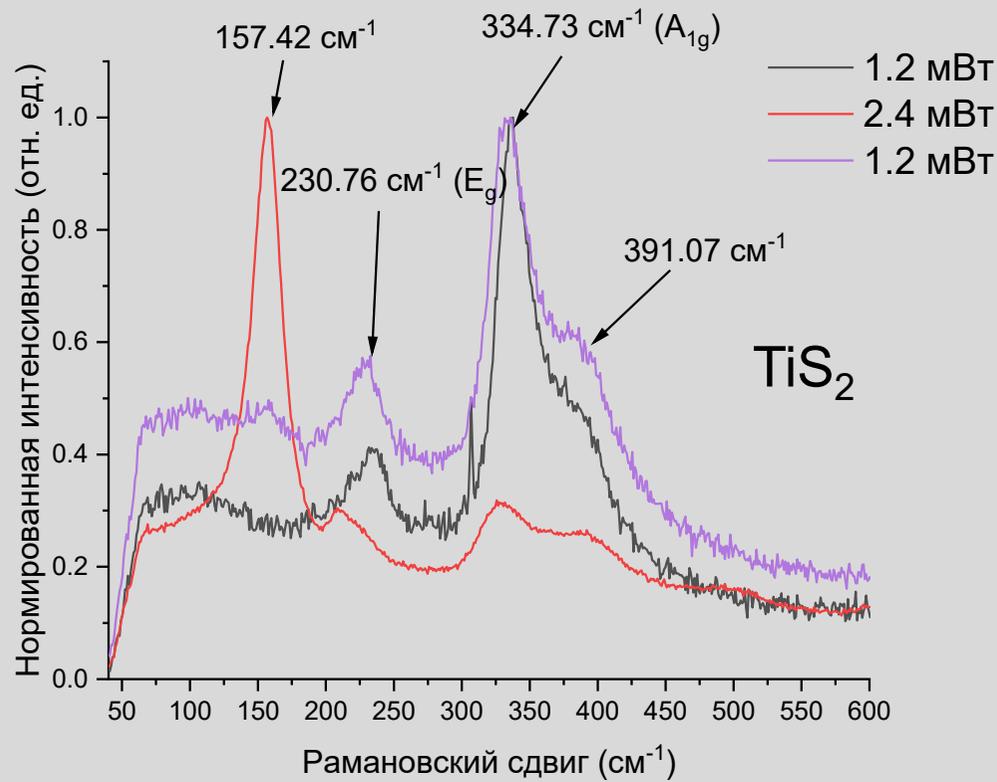
Исследование халькогенидных материалов методом рамановской спектроскопии

Проведено измерение рамановских спектров для следующих соединений: MX_2 ($\text{M}=\text{Ti}, \text{Hf}; \text{X}=\text{S}, \text{Se}, \text{Te}$), $\text{Cr}_{0.03}\text{TiSe}_2$, $\text{Cr}_{0.1}\text{ZrSe}_2$, $\text{Cr}_{0.3}\text{ZrSe}_2$, Bi_2Te_3 , Bi_2Se_3 .

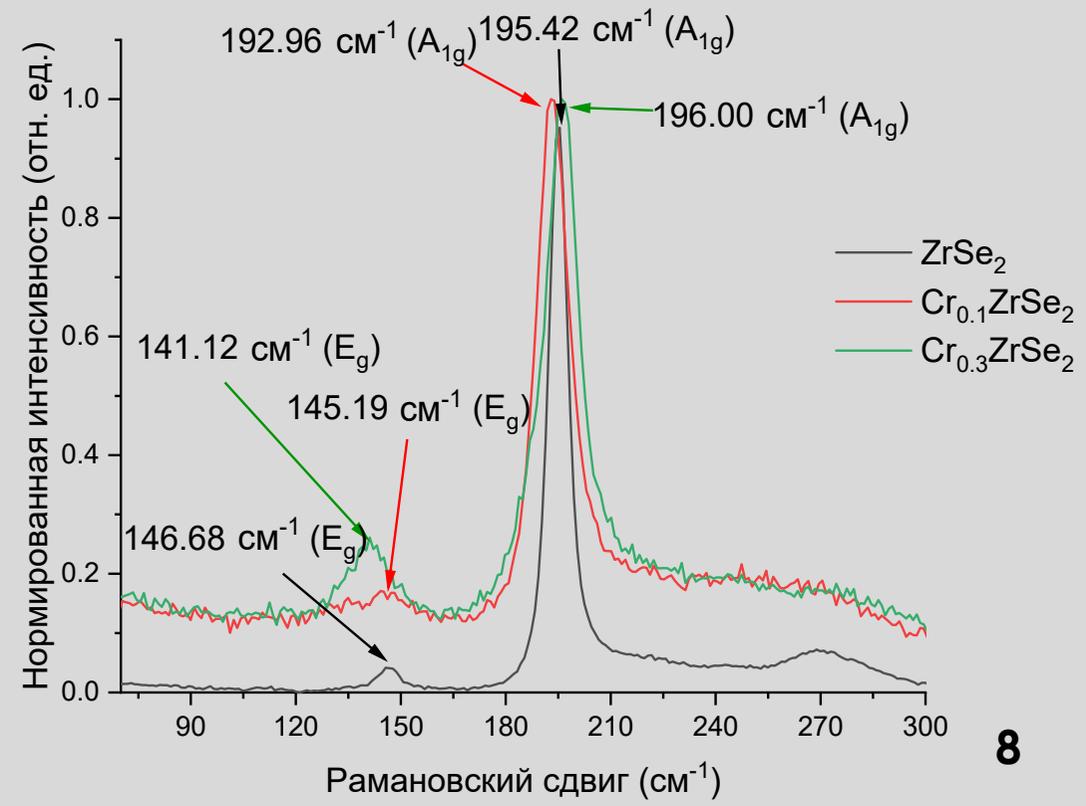


Исследование халькогенидных материалов методом рамановской спектроскопии

- Плечо на **391.07 см^{-1}** , вероятнее всего, связано с дефектами в TiS_2 , возникающими из-за избытка атомов металла между слоями.
- Пик на **157.42 см^{-1}** , вероятнее всего, связан с горением образца.

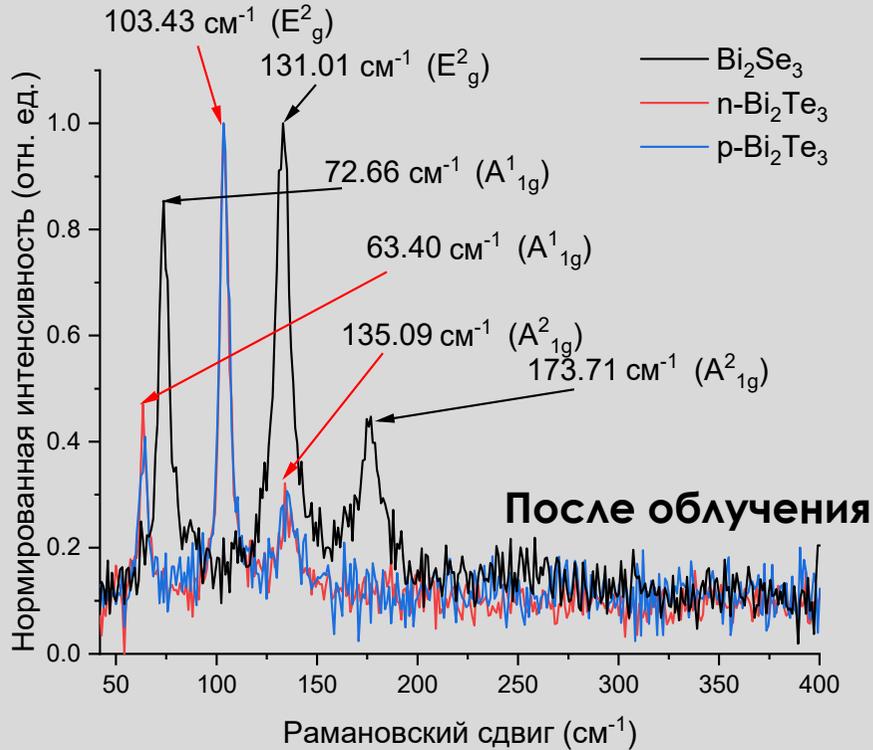
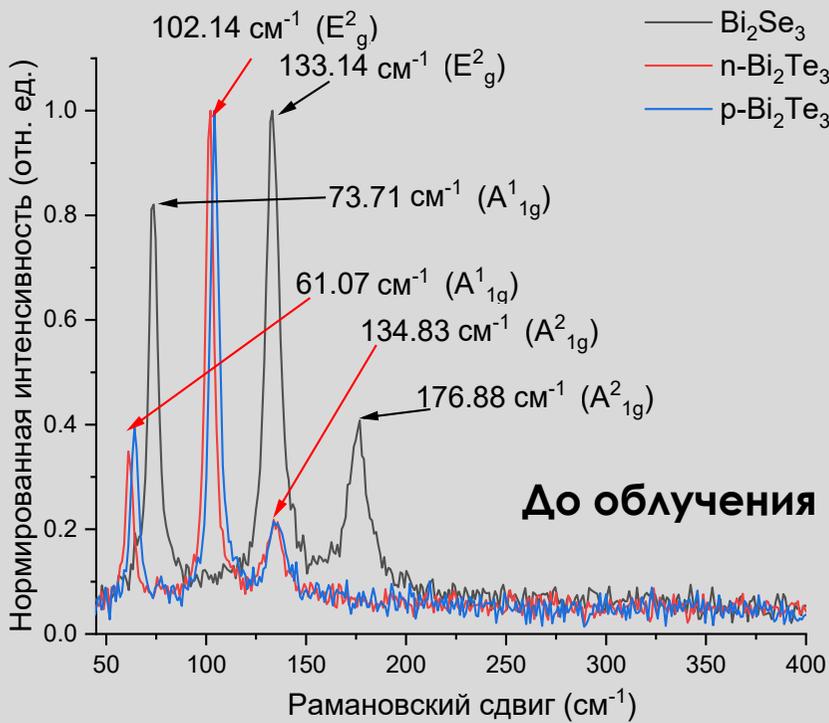


- Мода E_g образца $\text{Cr}_{0.3}\text{ZrSe}_2$ имеет небольшое красное смещение $\sim 5 \text{ см}^{-1}$, при этом мода A_{1g} имеет небольшое синее смещение $\sim 1 \text{ см}^{-1}$.
- Для образца $\text{Cr}_{0.1}\text{ZrSe}_2$ смещение моды E_g составляет $\sim 1.5 \text{ см}^{-1}$, и наблюдается красное смещение $\sim 2.5 \text{ см}^{-1}$ для моды A_{1g} .



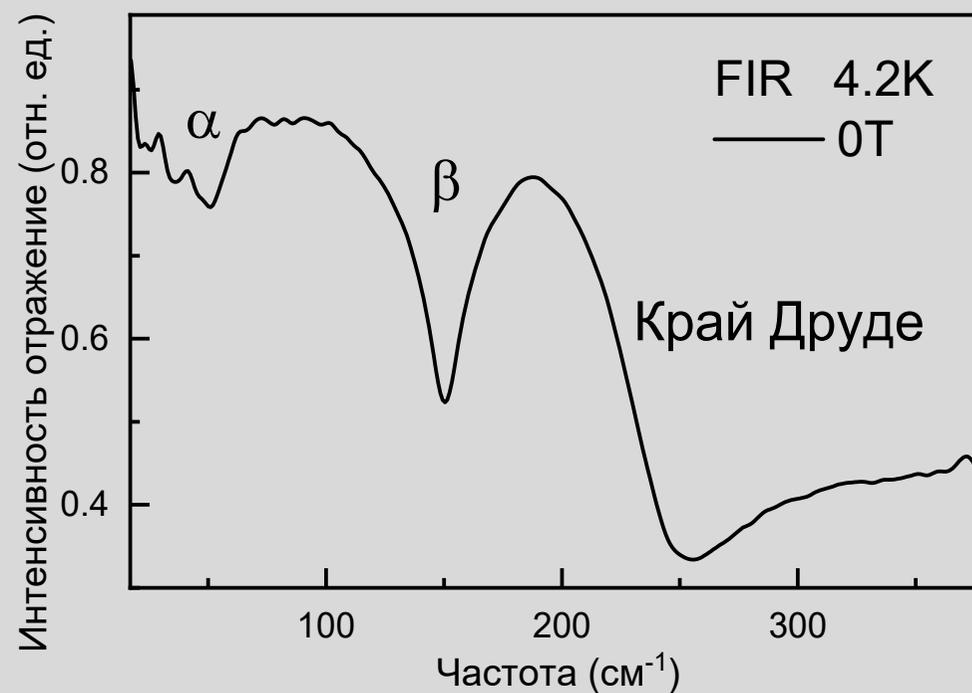
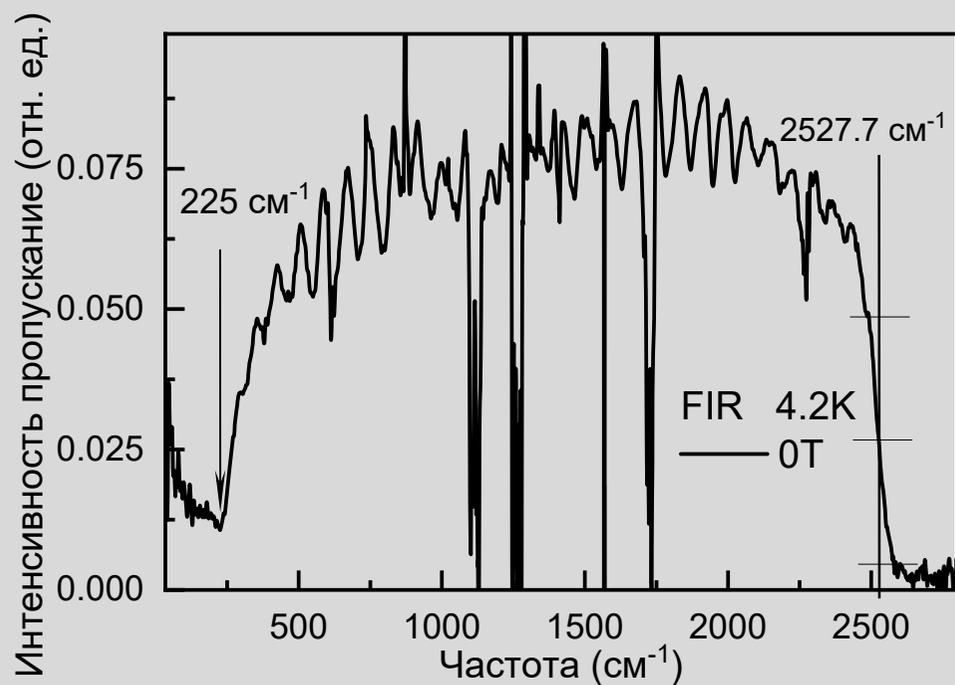
Исследование влияние облучения топологических изоляторов пучком ускоренных электронов методом рамановской спектроскопии

Выявлены три основные рамановские моды A^1_{1g} , E^2_g и A^2_{1g} , которые сохраняются после облучения образцов с флюенсом $8 \times 10^{14} \text{ см}^{-2}$ и $3.2 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$, что свидетельствует об отсутствии структурных изменений в исследуемых образцах.



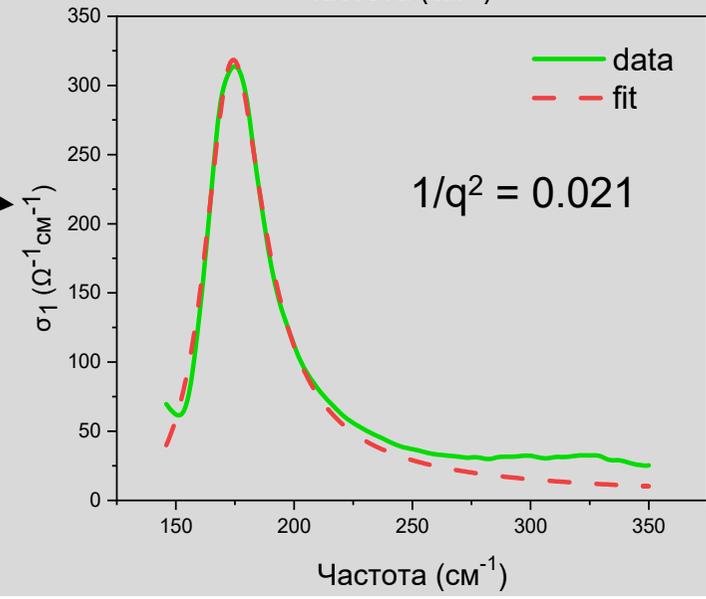
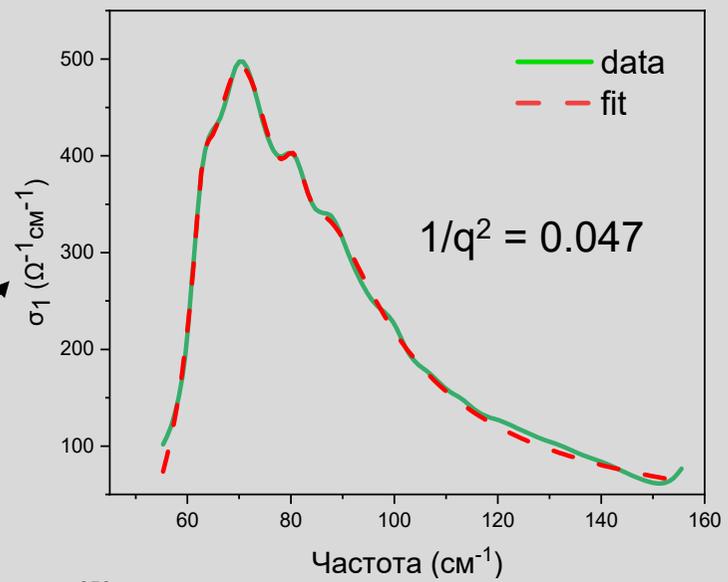
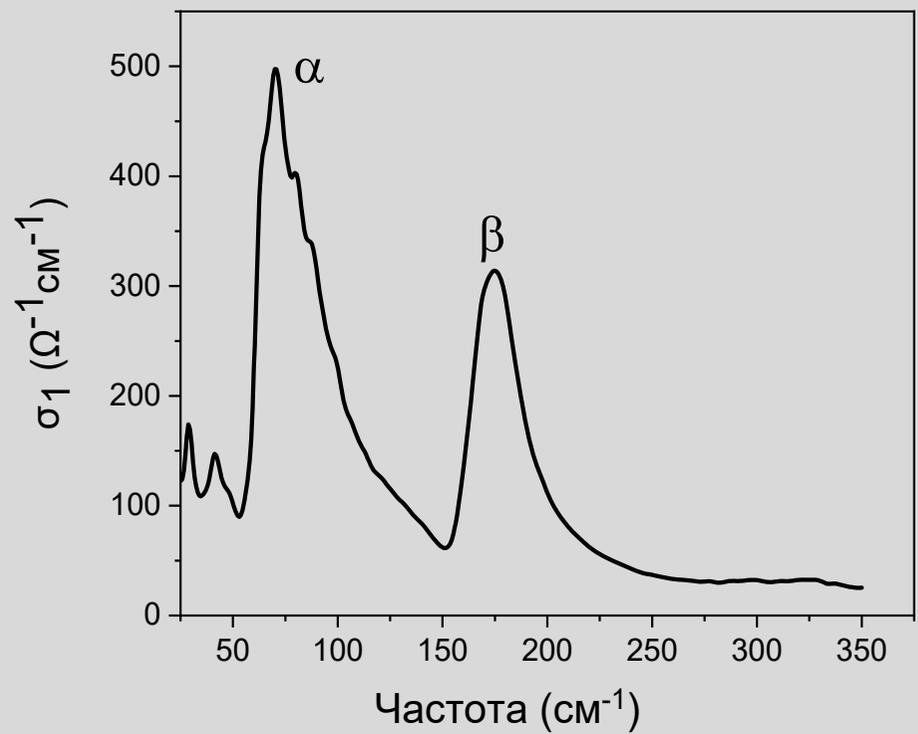
Магнито-оптическая спектроскопия топологического изолятора $\text{Bi}_{1.1}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$

Спектр отражение в дальнем ИК-диапазоне показывает наличие двух фононных мод α и β и край Друде. Фононные моды в топологических изоляторах часто имеют ассиметричную форму и могут быть связаны с физикой Фано.

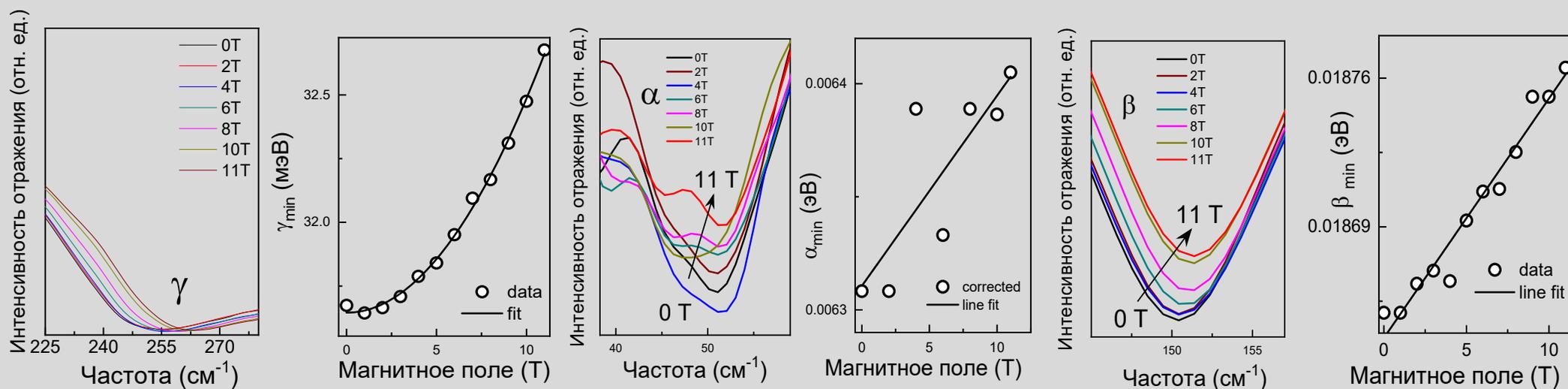


Магнито-оптическая спектроскопия топологического изолятора $\text{Bi}_{1.1}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$

$$\sigma(\omega) = \frac{2\pi \Omega^2 q^2 + \frac{4q(\omega - \omega_0)}{\gamma} - 1}{Z_0 \gamma q^2 \left(1 + \frac{4q(\omega - \omega_0)^2}{\gamma^2}\right)}$$



Магнито-оптическая спектроскопия топологического изолятора $\text{Bi}_{1.1}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$



Также обнаружено расщепление края пропускания (поглощения) из-за зеемановского сдвига энергии спиновых состояний в магнитном поле с необычно большим g-фактором (15 – 20).

Синтез соединений $\text{Cr}_{1-y}\text{Ti}_y(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_2$ и $\text{Ti}_{1-y}\text{Cr}_y(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_2$

$\text{Cr}_{1-y}\text{Ti}_y(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_2$

x	y					
0.1	0.05	0.10	0.15			
0.2	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	
0.25	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30

$\text{Ti}_{1-y}\text{Cr}_y(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_2$

x	y					
0.1	0.05	0.10	0.15			
0.2	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	
0.25	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30

Планы на следующий год

1. Проведение транспортных измерений топологических изоляторов после облучения пучком ускоренных электронов;
2. Исследование халькогенидов переходных металлов методом эллипсометрии;
3. Синтез монокристаллов $\text{Cr}_{1-y}\text{Ti}_y(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_2$ и $\text{Ti}_{1-y}\text{Cr}_y(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_2$ и исследование их атомной и электронной структуры методами сканирующей электронной микроскопии, рамановской спектроскопии, рентгеновской дифракции, эллипсометрии;
4. Исследование свойств $\text{Sr}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ методом рамановской спектроскопии и эллипсометрии.

1. Участие в оргкомитете СПФКС
2. Участие в ночи музеев



Благодарю за внимание

