

## КР-спектроскопия синтетических соединений в ряду (Fe,Ni)S

Научный руководитель – Бобров Андрей Викторович

*Шарапова Нинель Юрьевна*

*Студент (магистр)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Геологический факультет, Кафедра петрологии, Москва, Россия

*E-mail: sharapovaninel@gmail.com*

Моносulfидный твердый раствор (Mss), наблюдающийся в системе Fe-Ni-S, является важной фазой не только в геологии, он также имеет применение и в промышленности - от материаловедения до металлургии. Эксперименты в рассматриваемой системе проводились как при атмосферном давлении [1], так и при более высоких P-T параметрах в связи с интересом к свойствам сульфидов и сульфидных жидкостей, находящихся в составе мантии Земли, Луны, Меркурия.

Конечные члены твердого раствора FeS и NiS сами по себе имеют большое количество полиморфов. Изучаемые в данной работе фазы - это соединения с химической формулой  $Fe_x Ni_{1-x} S$ , где FeS представлен троилитом и NiS - краунингшилдитом.

В системе Fe-Ni-S была поставлена серия экспериментов на твердофазовой установке типа «наковальня с лункой» (тороид) при температуре 900°C-1700°C и давлении 7 ГПа. Образцы изучались в отраженном свете на наличие структурно-текстурных особенностей, после чего их фрагменты были запрессованы в шашки из эпоксидной смолы и отполированы. По выявленным морфологическим особенностям и установленному методом электронно-зондового анализа химическому составу были отобраны сульфиды, попавшие в субсолидусную область. Эти образцы характеризуются плотными массами изометричных кристаллов и не имеют признаков плавления, поэтому подходят для КР-спектроскопии.

Стоит отметить, что сульфиды, трудно анализировать с помощью этого метода. Например, в спектре комбинационного рассеяния для синтетического  $\alpha$ -NiS и миллерита  $\beta$ -NiS все основные спектральные характеристики совпадают [2]. Кроме того, в ряде работ [3], было отмечено окисление сульфидов, в том числе и на примере FeS, при локальном нагревании образца лазером. Эти причины объясняют ограниченное число исследований моносulfидных твердых растворов и сульфидных минералов методом рамановской спектроскопии. Поэтому полученные данные позволят нам дополнить ряд существующих в настоящее время исследований системы Fe-Ni-S.

Спектры комбинационного рассеяния экспериментальных образцов представлены на рис 1. По результатам исследования зависимости положения пиков от состава сульфидов выявлено не было. Анализ методом рентгеновской дифракции позволил рассчитать параметры элементарных ячеек для изучаемых фаз (рис.2). Значения, полученные для твердых растворов и краунингшилдита, коррелируют между собой (рис. 2), в то время как троилит имеет другую пространственную группу. Эту же зависимость можно проследить по форме спектров: моносulfидные твердые растворы близки к спектру сульфида никеля, а спектр сульфида железа отличается.

### Источники и литература

- 1) Taylor L. A., Liu Y. Sulfide inclusions in diamonds: not monosulfide solid solution // Russian Geology and Geophysics. – 2009. – Т. 50. – №. 12. – С. 1201-1211.

- 2) 2.Smith E. M. et al. The new mineral crowningshieldite: A high-temperature NiS polymorph found in a type IIa diamond from the Letseng mine, Lesotho //American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials. – 2021. – Т. 106. – №. 2. – С. 301-308.
- 3) 3.Li X. et al. Thermally induced phase transition of troilite during Micro-Raman spectroscopy analysis //Icarus. – 2023. – Т. 390. – С. 115299.

### Иллюстрации

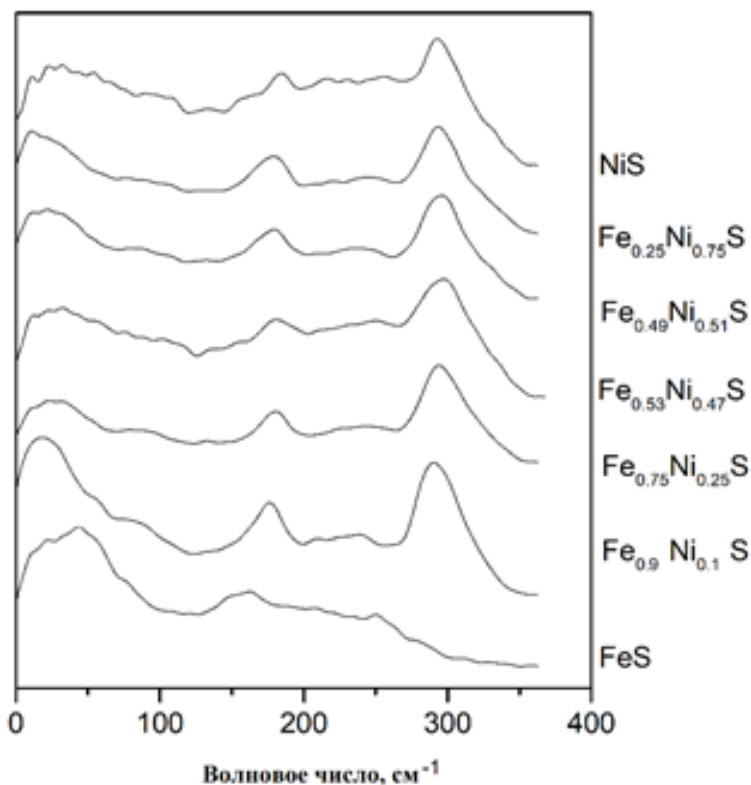


Рис. Рисунок 1. КР-спектры сульфидов железа и никеля и твердых растворов на их основе.

Состав сульфидов	Пр. группа	Ф.Е.	a=b (Å)	c(Å)	V(Å³)
FeS	<i>R62c</i>	Z=12	5.969907	11.75671	362.8703
Fe <sub>0.9</sub> Ni <sub>0.1</sub> S	<i>P 6₃/mmc</i>	Z = 2	3.449677	5.82544	60.03664
Fe <sub>0.5</sub> Ni <sub>0.5</sub> S	<i>P 6₃/mmc</i>	Z = 2	3.449393	5.63286	58.04235
Fe <sub>0.25</sub> Ni <sub>0.75</sub> S	<i>P 6₃/mmc</i>	Z = 2	3.451819	5.52916	57.05395
NiS	<i>P 6₃/mmc</i>	Z = 2	3.441502	5.35568	54.93409

Рис. Рисунок 2. Данные структурного анализа для сульфидов железа и никеля, а также моносulfидного твердого раствора.