

## **ВЛИЯНИЕ КАТИОННОГО ЗАМЕЩЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ $\text{Fe}_{3-x}\text{Ni}_x\text{Se}_4$**

Соединение  $\text{Fe}_3\text{Se}_4$  имеет слоистую моноклинную структуру (пространственная группа  $I2/m$ ), ионы селена и железа занимают чередующиеся слои вдоль оси  $c$ , при этом в элементарной ячейке в каждом втором слое Fe возникают вакансии. Такая особенность кристаллической структуры приводит к тому, что магнитные моменты на атомах железа, ориентированные ферромагнитно в слое и антиферромагнитно в соседних слоях, оказываются нескомпенсированы. Ниже критической температуры, значение которой в литературе варьируется от 303 до 338 К, в соединении  $\text{Fe}_3\text{Se}_4$  формируется дальний ферримагнитный порядок. Такое различие в значении температуры Нееля, вероятно, связано с отклонением от стехиометрии, поскольку данное соединение имеет довольно широкую область гомогенности (55,1–58,5 ат. % Se). Замещение железа другими 3d-элементами (M) приводит к существенным изменениям структуры и магнитных характеристик соединений  $\text{Fe}_{3-x}\text{M}_x\text{Se}_4$  [1].

В данной работе представлены результаты исследования кристаллической структуры и физических свойств замещенных соединений  $\text{Fe}_{3-x}\text{Ni}_x\text{Se}_4$ . Все соединения  $\text{Fe}_{3-x}\text{Ni}_x\text{Se}_4$  ( $x = 0; 0,03; 0,05; 0,5; 1$ ) были получены методом твердофазного синтеза при температуре 800 °С. Исследована кристаллическая структура с помощью рентгеноструктурного анализа (дифрактометр Bruker D8 Advance), электросопротивление с помощью четырехзондового метода и поведение намагниченности в зависимости от величины магнитного поля и температуры с помощью измерений на вибромагнитометре Lake Shore VSM 7407.

Полученные соединения системы  $\text{Fe}_{3-x}\text{Ni}_x\text{Se}_4$  кристаллизуются в моноклинной сингонии с пространственной группой  $I2/m$ . При замещении железа на никель до  $x = 1$  наблюдается анизотропное изменение параметров кристаллической решетки.

Анализ температурных и полевых зависимостей намагниченности показал, что соединения  $\text{Fe}_{3-x}\text{Ni}_x\text{Se}_4$  ( $x = 0; 0,03; 0,05; 0,5; 1$ ), как и исходный  $\text{Fe}_3\text{Se}_4$  являются ферромагнетиками. Однако, температура магнитного упорядочения при замещении железа никелем существенно снижается и составляет 220 К при  $x = 0,5$  и 104 К при  $x = 1$ .

Температурные зависимости электросопротивления  $\rho(T)$  для соединений  $\text{Fe}_{3-x}\text{Ni}_x\text{Se}_4$  ( $x = 0; 0,03; 0,05; 0,5; 1$ ) выше температуры магнитного упорядочения имеют вид, характерный для металлического типа проводимости, а значение  $\rho$  при комнатной температуре снижается на два порядка в сравнении со значением для исходного  $\text{Fe}_3\text{Se}_4$ .

### Список литературы

1. *Regnard J. R., Chappert J. Délocalisation des électrons 3d dans les composés semi-métalliques  $\text{MFe}_2\text{Se}_4$  avec  $\text{M} = \text{Ti}, \text{Cr}, \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$  // Le journal de physique. – 1973. – V. 34. – P. 721–731. <https://doi.org/10.1051/jphys:01973003408-9072100>.*

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FEUZ-2020-0054).*