

ствием дополнительного механизма обменного взаимодействия через носители тока, например, в результате кинетического обмена.

### **Заключение**

В твердых растворах  $\text{Bi}_2(\text{Sn}_{1-x}\text{Cr}_x)_2\text{O}_7$  ( $x = 0.05; 0.1$ ) выявлены два кристаллические фазовые превращения, которые отсутствуют в  $\text{Bi}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$ . Полиморфные переходы и переход из орторомбической в кубическую фазу сопровождаются изменениями электрического сопротивления, вызванными перестройкой электронной структуры. Установлено наличие трехвалентного состояния ионов хрома со спином  $S = 3/2$  в кристаллической структуре твердых растворов  $\text{Bi}_2(\text{Sn}_{1-x}\text{Cr}_x)_2\text{O}_7$ . Показано, что обменное магнитное взаимодействие между спинами катионов хрома увеличивается практически в три раза при переходе от тетрагональной к кубической сингонии.

### **Список литературы**

1. Gopel W. Ultimate Limits in Miniaturization of Chemical Sensors, Sens. Actuators, A. **56**, 83 (1996).
2. Moseley P.T. Materials Selection for Semiconductor Gas Sensors, Sens. Actuators, B. **6**, 149 (1992).
3. А.М. Гаськов, М.Н. Румянцева. Неорган. Материалы. **36**, 369 (2000).
4. R.D. Shannon, J.d. Beirlein, L.J. Gillon et.al. J. Phys..Chem. Solids **41**, 117 (1980).
5. Е. В. Жариков, П.В. Ковтуненко. Перспективные материалы. **5**, 5 (2002).
6. Michael Fischer, Thomas Malcherek, and Ulrich Bismayer. Phys. Rev.B. **78**, 014108 (2008).
7. Aron Walsh and Graeme W. Watson. Chem. Mater. **19**, 5158 (2007).
8. R.X. Silva, C.W.A. Paschoal, R.M. Almeida, M. Carvalho Castro Jr., A.P. Ayala, Jeffrey T. Auletta, Michael W. Lufaso. Vibrational Spectroscopy. **64**, 172 (2013).
9. F. Brisse, O. Knop. Can. J. Chem. **46**, 859 (1968).
10. Л.В. Удод, С.С. Аплеснин, М.Н. Ситников, М.С. Молокеев. ФТТ. **56**, 1267 (2014).
11. I.R. Evans, J.A.K. Howard, J.S.O. Evans, J. Mat. Chem. **13**, 2098 (2003)
12. Aron Walsh, Graeme W. Watson, David J. Payne, Gregory Atkinson and Russell G. Egdell. J. Mater. Chem. **16**, 3452, (2006).
13. I. Jenrzejewska, J. Mroziski, P. Zajdel, T. Mydlarz, T. Goryczka, A. Hanc, E. Maciazek. Archives of Metallurgy and Materials. **54**, 723 (2009).
14. A. Weiss, H. Witte. Kristallstruktur und chemische Bindung. Verlag Chemie, Weinheim, 1983.
15. A.A. Pandit, S.S. More, R.G. Dorik and K.M. Jadhav. Bull. Mater. Sci. **26**, 517 (2003).
16. Е.Н. Тумаев, К.С. Авадов. ФТТ. **53**, 518 (2011).
17. Z.-Y. Yang, C.Rudowicz, J. Qin. Physica B. **318**, 188 (2002)

## **ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ НА ОСНОВЕ МОНОТЕЛЛУРИДОВ ХРОМА И КОБАЛЬТА. УСЛОВИЯ СИНТЕЗА И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА**

**Кривченя Д.А., Янушкевич К.И.**

*ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», Минск, Беларусь,  
[krdemetria@ya.ru](mailto:krdemetria@ya.ru)*

Синтез новых магнитных и полупроводниковых материалов, изучение особенностей их кристаллической структуры и физико-химических свойств в широком интервале температур являются приоритетными задачами физики конденсированного состояния.

Перспективными твердыми растворами для получения новых магнитных материалов с температурами магнитных фазовых превращений выше комнатных являются твердые растворы квазибинарного разреза  $\text{CrTe-CoTe}$ . Температура Кюри ферромагнетика монотеллурида хрома  $\sim 350$  К [1]. У слабоферромагнитного материала соединения  $\text{CoTe}$  она

~1270 К [2]. Поэтому высока вероятность синтеза новых ферромагнетиков в системе  $\text{Cr}_{1-x}\text{Co}_x\text{Te}$  с температурами Кюри в интервале температур 340–1200 К.

Для синтеза базовых составов монотеллуридов  $\text{CrTe}$ ,  $\text{CoTe}$  и твердых растворов на их основе использован метод твердофазных реакций в вакууме. Поскольку температура плавления теллура ( $T_{\text{пл}} = 723 \text{ К}$ ) значительно ниже температур плавления хрома ( $T_{\text{пл}} = 2150 \text{ К}$ ) и кобальта ( $T_{\text{пл}} = 1765 \text{ К}$ ), то синтез методом прямого сплавления затруднен. Шихта из высокочистых элементов в необходимых соотношениях для синтеза монотеллуридов  $\text{CrTe}$  и  $\text{CoTe}$  в вакууме кварцевых ампул нагревалась пошагово до температур 713 К, 973 К и 1273 К с последующей выдержкой 18–20 часов, 20–24 часов 1–2 часов, соответственно. Далее следовала закалка в воде при комнатной температуре. Извлечённые образцы после первичного спекания имели темно-серый цвет, были пористыми и представляли собой спёки в пемзообразном состоянии. Рентгеноструктурные исследования в  $\text{Cu } K_\alpha$  – излучении  $\text{CrTe}$  и  $\text{CoTe}$  уже после первичного спекания подтвердили наличие гексагональной элементарной кристаллической ячейки пространственной группы  $P6_3/mmc$  (рис. 1), характерной для монокалькогенидов 3d-элементов.

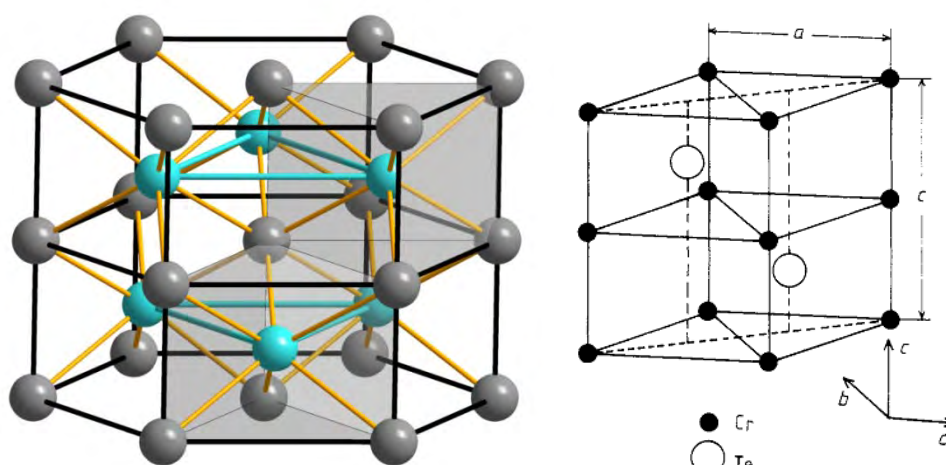


Рис. 1. Гексагональная структура  $\text{NiAs}$ :  $\bullet$  – атом As,  $\bullet$  – атом Ni (слева). Элементарная ячейка  $\text{Cr}_{1-x}\text{Te}$  (справа) [3].

На основе полученных соединений  $\text{CrTe}$  и  $\text{CoTe}$  осуществлен синтез твердых растворов системы  $\text{Cr}_{1-x}\text{Co}_x\text{Te}$  с шагом по концентрации  $x = 0,1$ . Соответствующие количества  $\text{CrTe}$  и  $\text{CoTe}$  подвергались тщательному перемешиванию. Полученная шихта прессовалась в таблетки с целью обеспечения условий гомогенизации и равномерного протекания реакций в твердой фазе. Диаметр таблеток шихты не превышал 12 мм. В вакууме ( $p \sim 10^{-2} \text{ Па}$ ) кварцевых ампул таблетки нагревали до 1173 К, выдерживали при данной температуре в течение 24 часов. Далее также следовала закалка в воде при комнатной температуре для фиксирования гексагональной структуры, свойственной монокалькогенидам кобальта и хрома при высоких температурах.

Рентгенограммы синтезированных составов системы  $\text{Cr}_{1-x}\text{Co}_x\text{Te}$  указывают на их однофазность для концентраций  $x = 0,0, 0,1, 0,9, 1,0$ . Параметры элементарных ячеек составов указанных концентраций приведены в таблице 1.

Для концентраций  $x = 0,2 - 0,8$  вопрос об однофазности составов остаётся открытым. Причин для этого несколько. Во-первых, несмотря на близость величин объёмов элементарных кристаллических ячеек образующих систему монокалькогенидов  $\text{CrTe}$  и  $\text{CoTe}$  (различие менее 15%) образование широких областей твердых растворов может быть затруднено по причине осевого перекоса элементарных ячеек из-за значительного различия соотношения параметров  $c/a$  у образующих систему составов. Так у  $\text{CrTe}$   $c/a = 1,557$  [3], а у  $\text{CoTe}$   $c/a = 1,384$  [2]. Во-вторых, велика вероятность, что для полноценного протекания твердофазных реакций в шихте  $\text{CrTe}-\text{CoTe}$  указанных концентраций требуется корректив-

ровка температур синтеза. Поскольку к настоящему времени установлено, что температура плавления монотеллурида кобальта  $T_{\text{пл. CoTe}} = 1283$  К [4] ниже температуры плавления монотеллурида хрома  $T_{\text{пл. CrTe}} = 1523$  К [5].

Таблица 1. Параметры элементарных ячеек  $\text{Cr}_{1-x}\text{Co}_x\text{Te}$ .

Концентрация, $x$	$a$ , нм	$c$ , нм
0,0	0,401	0,626
0,1	0,399	0,622
0,9	0,394	0,570
1,0	0,390	0,538

На рис.2 приведена рентгенограмма твердого раствора  $\text{Cr}_{0,2}\text{Co}_{0,8}\text{Te}$ , которая демонстрирует двухфазное кристаллическое состояние наличием избыточных рефлексов. Но при сравнении рентгенограммы состава концентрации  $x = 0,2$  с рентгенограммой смеси исходной шихты для спекания (рис. 3), состоящей из суммы рентгенограмм  $\text{CrTe}$  и  $\text{CoTe}$ , обнаруживаются несовпадения: отсутствие рефлексов на одной из двух рентгенограмм ( $2\theta = 45,28^\circ, 52,36^\circ, 54,88^\circ, 59,16^\circ$  и др.) и сдвиг всех остальных. Угловые положения рефлексов на рентгенограмме смещены как влево, так и вправо по оси абсцисс графика. Попытка индексировать рентгенограмму состава  $\text{Cr}_{0,2}\text{Co}_{0,8}\text{Te}$ , возможно имеющего гексагональную сингонию, приводит к большим параметрам элементарной ячейки (более, чем в 2 раза), свойственным дихалькогенидам переходных металлов со слоистой гексагональной структурой.

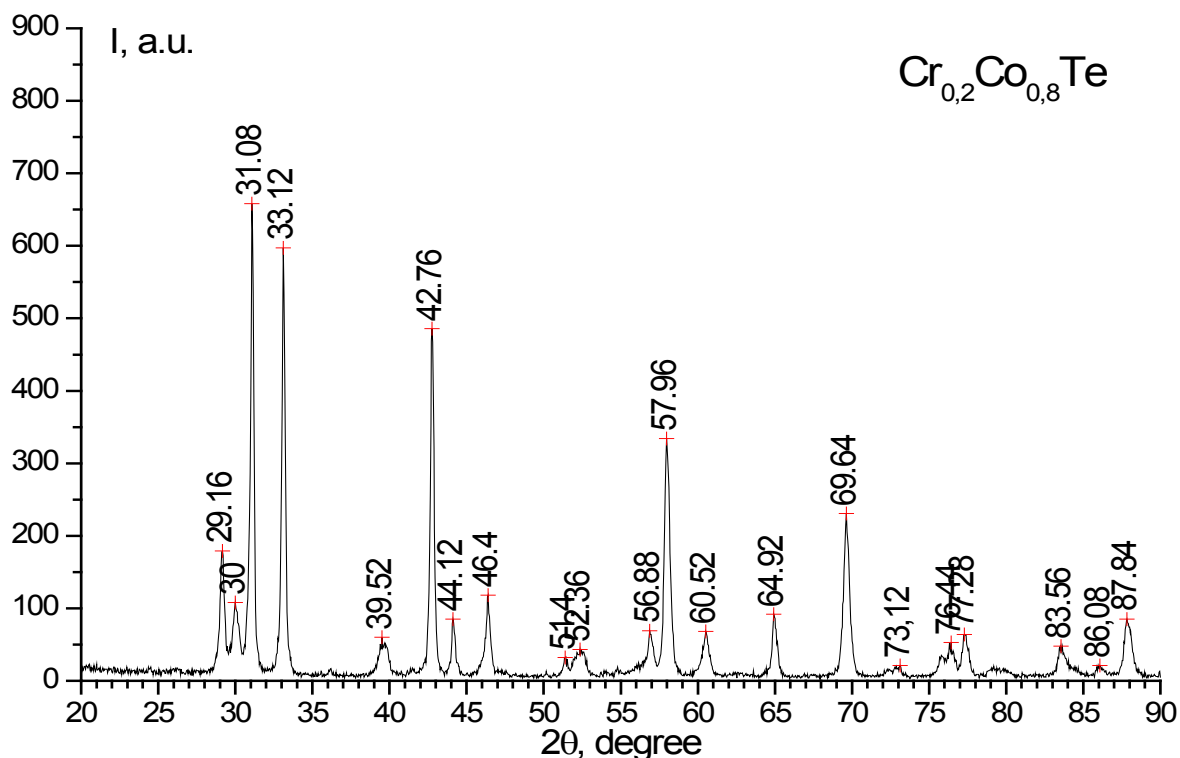


Рис. 2. Рентгенограмма образца  $\text{Cr}_{0,2}\text{Co}_{0,8}\text{Te}$

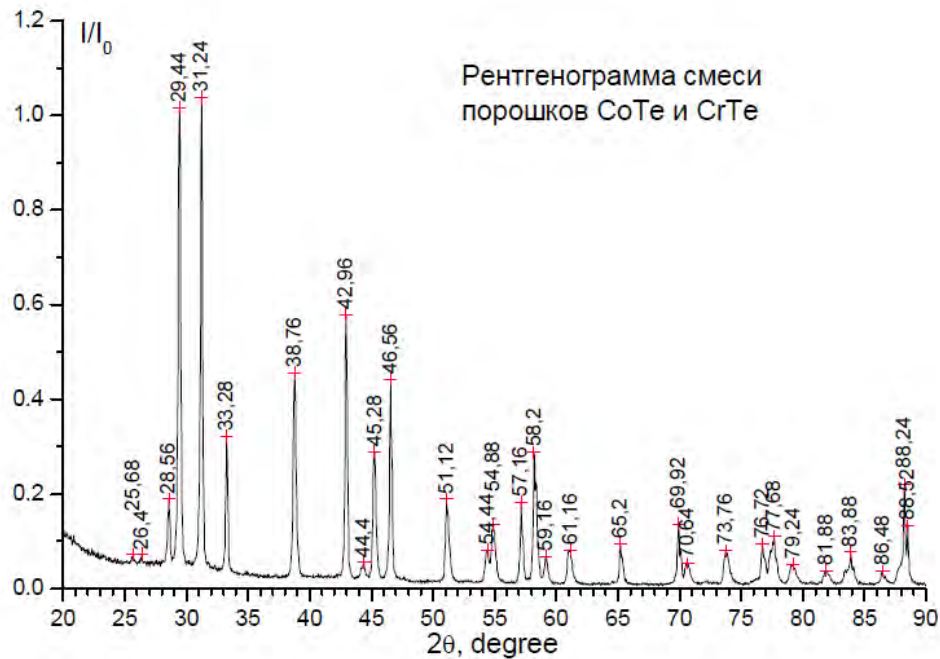


Рис. 3. Рентгенограмма смеси крайних соединений CoTe и CrTe.

#### Список литературы

1. Ohta, S. Pressure effect on the Curie temperature and thermal expansion of CrTe / S. Ohta [et al.] // I. Phys.: Condens. Matter. – 1993. Vol. 5. – P. 2759-2768.
2. Uchida, E. Magnetic properties of cobalt telluride / E. Uchida // J. Phys. Society of Japan. – 1955. – Vol. 10, №7. – P. 517-522.
3. Dijkstra, J. Band-structure calculations, and magnetic and transport properties of ferromagnetic chromium tellurides (CrTe, Cr<sub>3</sub>Te<sub>4</sub>, Cr<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>) / J. Dijkstra [et al.] // J. Phys.: Condens. Matter. – 1989. – Vol. 1. – P. 9141-9161.
4. Geffken, R.M. Thermodynamic properties of cobalt-tellurium alloys / R.M. Geffken [et al.] // J. Solid State Chemistry. – 1972. – Vol. 4. – P. 153-162.
5. Ipsier, H. Transition metal-chalcogen systems VIII: the Cr-Te phase diagram / H. Ipsier [et al.] // J. Less-Common Metals. – 1983. – Vol. 92. – P. 265-282.

## РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, УСАДКА И КОРОБЛЕНИЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПЕРЕРАБАТЫВАЕМЫХ ПО ЭКСТРУЗИОННО-ПРЕССОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

**Герасименко С.А.**

*Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем  
им. В.А.Белого Национальной академии наук Беларуси», г.Гомель, Беларусь,  
[gerasimenko\\_s@tut.by](mailto:gerasimenko_s@tut.by)*

Среди известных технологий получения крупногабаритных пластмассовых изделий одной из наиболее экономичных, прежде всего из-за значительного упрощения конструкции технологической оснастки, является экструзионно-прессовая технология (ЭПТ) [1]. При ее использовании расплав термопласта генерируется в одно- или двухшнековом экс-