

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ  
РАСТВОРОВ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СИСТЕМ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ  
ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

<sup>1</sup>Аплеснин С.С., <sup>2</sup>Аплевич А.В., <sup>3</sup>Афиногенов Е.А., <sup>2</sup>Галяс А.И., <sup>2</sup>Демиденко О.Ф.,  
<sup>2</sup>Живулько А.М., <sup>2</sup>Кривченя Д.А., <sup>2</sup>Лапотко П.Ю., <sup>2</sup>Маковецкий Г.И., <sup>3</sup>Наумов Г.Н.,  
<sup>2</sup>Янушкевич К.И.

<sup>1</sup>Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, г. Красноярск, Россия

<sup>2</sup>ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Институт неорганической химии СО РАН,

г. Новосибирск, Россия, E-mail: kazimir@ifftp.bas-net.by

Экспериментально установленный факт, что монохалькогениды 3d-элементов испытывают кристаллические и магнитные фазовые переходы, сопровождающиеся изменениями транспортных свойств от полупроводникового характера проводимости к металлической, делают их привлекательными для теоретиков и практиков. Во-первых, по причине получения новых фундаментальных знаний для описания поведения многих взаимодействующих параметров, отражающих свойства вещества. Во-вторых, по причине практического интереса для разработки и создания технических устройств нового поколения, особенно в микроэлектронике. Например, мультислой на основе ZnSe/MnSe используются в магнитооптических устройствах [1], мультислойные пленки GdTe/MnTe [2] интенсивно исследуются и уже используются для записи информации, монокристаллы и пленки NiS в датчиках температуры и переключателях, поликристаллы CrTe в датчиках высокого давления [3-5]. Большинство известных монохалькогенидов и их взаимных твердых растворов являются магнитными полупроводниками, обладающими магнитными и электрическими фазовыми превращениями при температурах вблизи и выше комнатных. Немаловажным фактором является высокая устойчивость соединений сульфидов, селенидов, теллуридов к окислительным процессам. В ряду халькогенов - кислород, сера, селен, теллур, полоний, все последующие за кислородом элементы халькогенов являются более «сильными окислителями» чем сам кислород. На этом явлении базируется металлургия цветных металлов. Устойчивость к окислительным процессам позволяет минералам, содержащим халькогены S, Se, Te, находясь на поверхности и в недрах Земли сохранять тысячелетиями свой состав практически неизменным.

В рамках выполнения совместного проекта БРФФИ – СО РАН «Твердые растворы на основе монотеллурида марганца: термоэлектрические и магнитные свойства» синтезированы твердые растворы квазибинарного разреза MnTe–GdTe.

Изучены их кристаллические и магнитные свойства. Рентгеноструктурные исследования показали, что исследуемые составы системы  $Mn_{1-x}Gd_xTe$ , в интервале концентраций  $0 < x < 0,042$  обладают кристаллической структурой  $B8_1$  пространственной группы  $S.G.: R\bar{6}_3/mmc$ . Характерные рентгенограммы приведены на рисунке 1,а. Рентгенофазовый анализ твердых растворов при катионном замещении марганца на редкоземельный элемент показал на незначительное увеличение параметров элементарной гексагональной ячейки вследствие влияния размерного фактора, подобно наблюдаемому явлению в селенидах марганца. При катионном замещении имеет место заметная деформация элементарной кристаллической ячейки MnTe и частичное разрушение кристаллического упорядочения при увеличении содержания редкоземельного иона в синтезированных твердых растворах.

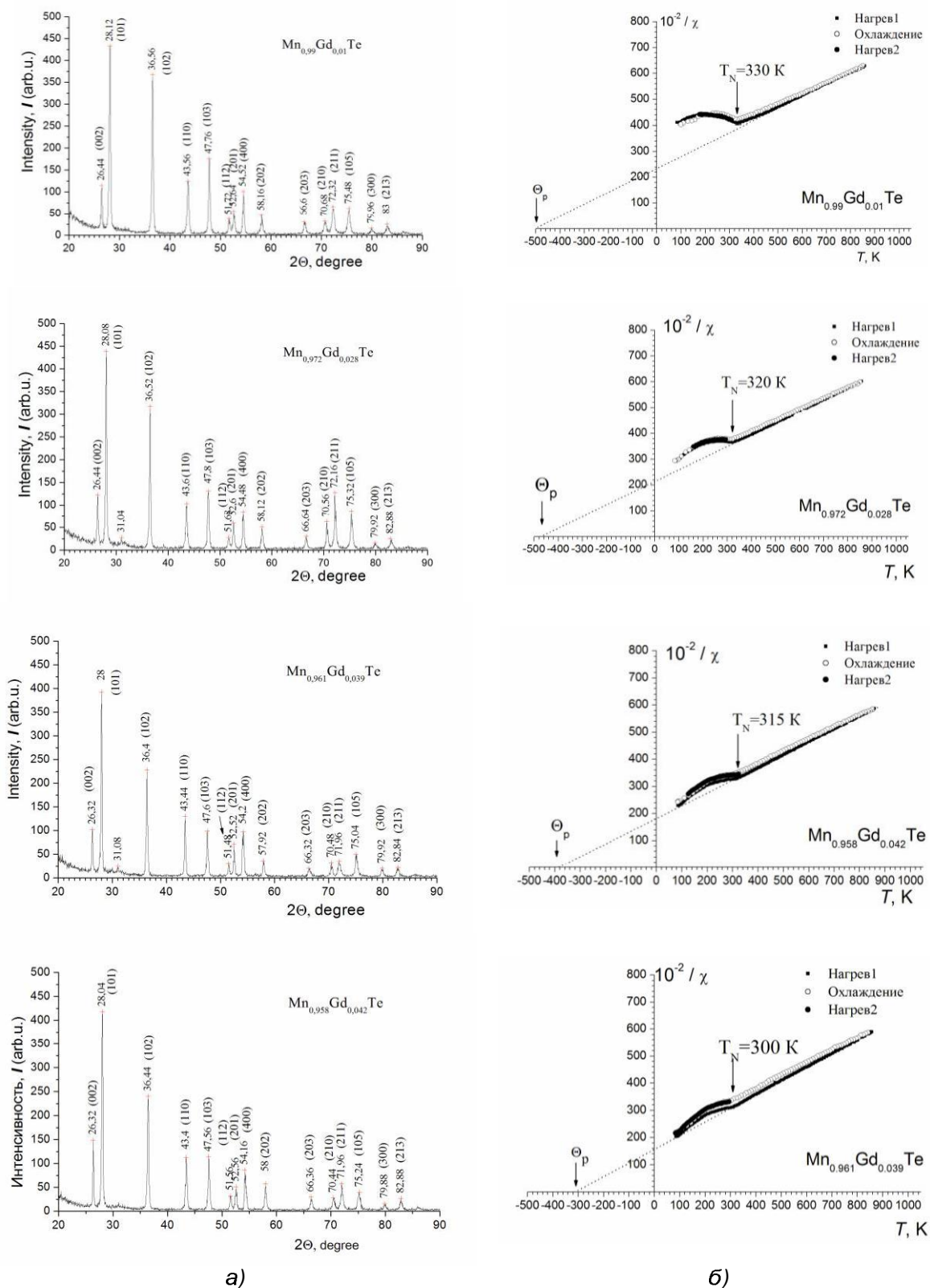


Рисунок1 – Рентгенограммы твердых растворов при комнатной температуре (а); температурные зависимости магнитной восприимчивости (б)

Величины параметров а и с элементарных кристаллических ячеек гексагональной структуры синтезированных твердых растворов приведены в таблице 1. Температурные зависимости измерения обратной величины удельной магнитной восприимчивости  $10^{-2}/\chi=f(T)$  твердых растворов Mn<sub>0,99</sub>Gd<sub>0,01</sub>Te, Mn<sub>0,972</sub>Gd<sub>0,028</sub>Te, Mn<sub>0,958</sub>Gd<sub>0,042</sub>Te, Mn<sub>0,961</sub>Gd<sub>0,039</sub>Te в диапазоне температур ~80–850K приведены на

рисунке 1,б. Результаты исследований поперечными фундаментальными магнитными характеристиками синтезированных впервые твердых растворов  $Mn_{1-x}Gd_xTe$ , показывают, что с увеличением содержания гадолиния удельная магнитная восприимчивость увеличивается. Начиная от состава с концентрацией  $x=0,01$ , уменьшается величина температуры  $T_N$  фазового превращения «магнитный порядок – магнитный беспорядок». Претерпевает изменение и эффективная температура Кюри – Вейсса по абсолютному значению в сторону уменьшения. Уменьшается и величина эффективного магнитного момента, определенная с использованием тангенса угла наклона проекции на ось температур высокотемпературной составляющей восприимчивости в парамагнитной области. Имеет место небольшое увеличение значений удельной намагниченности при комнатной температуре (табл.1.)

Таблица 1 – Параметры элементарной гексагональной ячейки твердых растворов  $Mn_{1-x}Gd_xTe$  при комнатной температуре; изменение величины температуры Нееля твердых растворов при изменении содержания гадолиния; величины эффективных температур Кюри – Вейсса; величины эффективных магнитных моментов; величины удельной намагниченности твердых растворов при комнатной температуре

| Состав                           | a, нм | c, нм | $T_N$ , К | $\Theta_p$ , К | $\mu_{эфф}$ , $\mu_B$ | $\frac{\sigma}{A \cdot M^2 \cdot K^{-1}}$ |
|----------------------------------|-------|-------|-----------|----------------|-----------------------|---|
| $Mn_{0.99}Gd_{0.01}Te$<br>(55)   | 0,415 | 0,673 | 330       | - 500          | 5,78                  | 0,20                                      |
| $Mn_{0.972}Gd_{0.028}Te$<br>(56) | 0,416 | 0,674 | 320       | - 470          | 5,71                  | 0,21                                      |
| $Mn_{0.958}Gd_{0.042}Te$<br>(57) | 0,416 | 0,675 | 315       | - 390          | 5,64                  | 0,23                                      |
| $Mn_{0.961}Gd_{0.039}Te$<br>(58) | 0,416 | 0,675 | 300       | - 310          | 5,43                  | 0,34                                      |

**Список литературы:**

1. I. P. Smorchkova, N. Samarth, J. M. Kikkawa, and D. D. Awschalom, Phys. Rev. Lett. 78, 3571 (1997).
2. S. Scholl, J. Gerschutz, F. Fischer, A. Waag, D. Hommel, K. Von Schierstedt, B. Kuhn-Heinrich, and G. Landwehr, Appl. Phys. Lett. 62, 3010 (1993).
3. К.И.Янушкевич/ Твердые растворы монохалькогенидов 3d-металлов//Минск Вараксин А.Н., 2009.- 256 с.
4. S.Ohta, T.Kanamota, T.Kaneko, H. Yoshida /Pressure effect on the Curie temperature and thermal expansion of CrTe // J.Phys.: Condens.Matter. – 1993. – V.5. – P.2759-2768.
5. P. Chen, Y.W. Du / Giant Magnetoresistance in NiS // Journal of the Physical Society of Japan. – 2001. - Vol.70, No.1. – P. 209 – 211.