

PACS: 81.40.-z

С.А. Бужинский

ФАЗОВЫЕ  $P$ - $T$ -ДИАГРАММЫ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ  $\text{CrAs}_{1-x}\text{Sb}_x$   
ПРИ  $0 < x < 1$

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины  
ул. Р. Люксембург, 72, Донецк, 83114, Украина

*Проведены измерения магнитной восприимчивости сплавов квазибинарной системы  $\text{CrAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  в области концентраций  $0.46 < x < 0.70$  в температурном интервале 15–350 К под действием гидростатического давления до 800 МПа в магнитном поле 1.15 Т. По результатам измерений построены фазовые  $P$ - $T$ -диаграммы исследованных образцов. Экспериментально доказано, что гидростатическое и химическое давление (легирование) во всем диапазоне концентраций действует аналогичным образом. Обнаружено, что в сплавах при  $x = 0.54$  и  $x = 0.57$  давление изменяет род фазового перехода порядок–беспорядок соответственно со II на I и с I на II.*

Монопниктиды переходных  $3d$ -металлов изучаются десятки лет, и интерес к ним не ослабевает. От собственно монопниктидов исследователи перешли к квазибинарным системам на их основе, а в последние годы приоритетными стали эксперименты на пленках монопниктид–полупроводник. Традиционная для монопниктидов тематика также развивается с учетом возможностей экспериментальной техники.

Для интерпретации результатов измерений различными методиками используются термодинамический подход, качественные модели зонной структуры, а с развитием вычислительной техники – и теоретические расчеты плотности состояний.

Необходимо отметить, что монопниктиды являются  $p$ - $d$ -системами и в них наблюдаются почти все эффекты, которые обнаружены в манганитах ( $p$ - $d$ - $f$ -системах), но без рекордных характеристик. Несмотря на несомненные успехи и уникальные результаты, полученные на манганитах, внимание исследователей вновь возвращается к монопниктидам. Это обусловлено сложностью механизмов химической связи и обменных взаимодействий в изучаемых системах.

Сплавы квазибинарной системы  $\text{CrAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  привлекают внимание исследователей структурными фазовыми переходами  $\text{V8}_1$ - $\text{V31}$ , магнитными фазовыми переходами порядок–беспорядок I и II рода, немонотонными кон-

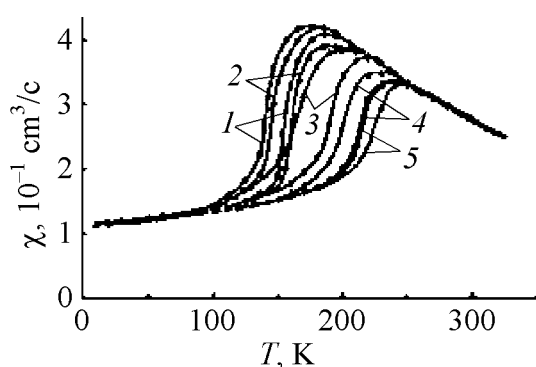
центрационными зависимостями температур переходов, нетривиальными тепловыми, магнитными и гальваномагнитными свойствами [1–3].

Влияние давления на свойства сплавов системы  $\text{CrAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  изучалось в работах [3–5] методами рентгеноструктурного, дифференциально-термического анализа и электросопротивления. Было сделано предположение, что в области концентраций  $x \sim 0.5$  характер влияния гидростатического и химического давления (легирования) на температуры магнитных фазовых переходов противоположен. Магнитные свойства под давлением не изучались.

В ДонФТИ был разработан и изготовлен универсальный вибрационный магнитометр для измерений под давлением [6], позволяющий проводить исследования при давлениях до 800 МПа, в температурном интервале 15–350 К, в магнитных полях до 1.15 Т.

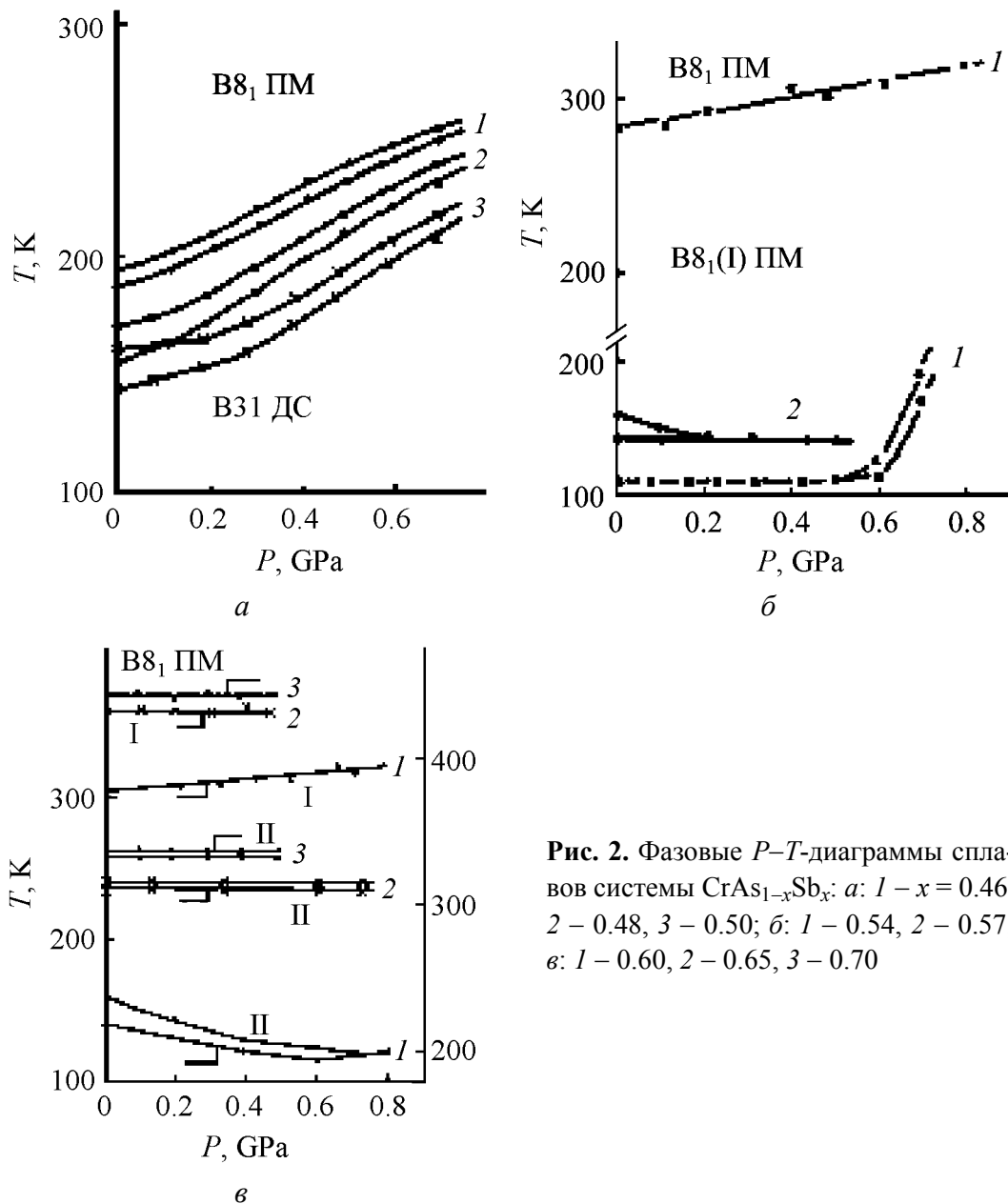
Методом порошковой металлургии были изготовлены образцы сплавов системы  $\text{CrAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  в области концентраций  $0.46 < x < 0.70$ .

Зависимость магнитной восприимчивости от температуры при различных давлениях для одного из образцов приведена на рис. 1. Как видно из рисунка, давление существенно влияет на температуру фазового перехода. По результатам измерений магнитной восприимчивости были построены фазовые  $P$ – $T$  диаграммы, показанные на рис. 2. Учитывая размытость фазовых переходов, точки для фазовых диаграмм определяли по максимуму магнитной восприимчивости, поскольку в этой точке начинается изменение фазового состояния. Фаза  $\text{V8}_1\text{ПМ}$  – гексагональная парамагнитная структура, фаза  $\text{V8}_1(\text{I})\text{ПМ}$  отличается другой температурной зависимостью парамагнитной восприимчивости,  $\text{V8}_1\text{АФ}$  – гексагональная антиферромагнитная фаза с коллинеарным упорядочением,  $\text{V31ДС}$  – орторомбическая кристаллическая структура с магнитным упорядочением «двойная спираль». Как видно из фазовых диаграмм, давление и легирование влияют на температуры фазовых переходов аналогичным образом во всем диапазоне концентраций. Вместе с тем оказалось, что в сплаве в области концентраций  $x = 0.54$  давление изменяет род магнитного фазового



**Рис. 1.** Влияние давления на температурную зависимость магнитной восприимчивости сплава  $\text{CrAs}_{0.52}\text{Sb}_{0.48}$ : 1 –  $P = P_{\text{атм}}$ ; 2 –  $P = 0.2$  ГПа; 3 – 0.4; 4 – 0.6; 5 – 0.8

перехода порядок–беспорядок со II на I, а при  $x = 0.57$  – с I на II. Это видно по возникновению и исчезновению температурного гистерезиса. Можно ожидать, что дальнейшее повышение давления вновь приведет к смене рода фазового перехода в сплаве при  $x = 0.54$ . Такого рода эффект не наблюдался ни в пниктидах, ни в халькогенидах переходных  $3d$ -металлов. В последнее время появились экспериментальные возможности для проведения исследований при давлениях до 4.5 ГПа [7].



**Рис. 2.** Фазовые  $P$ - $T$ -диаграммы сплавов системы  $\text{CrAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ : а: 1 -  $x = 0.46$ , 2 - 0.48, 3 - 0.50; б: 1 - 0.54, 2 - 0.57; в: 1 - 0.60, 2 - 0.65, 3 - 0.70

Помимо описанных особенностей, в указанном диапазоне концентраций можно выделить еще две области, в которых температуры магнитных фазовых переходов либо повышаются с ростом давления ( $0.46 < x < 0.53$ ), а не уменьшаются, как считалось ранее [3], либо понижаются ( $0.60 < x < 0.70$ ).

Для интерпретации полученных результатов используются картина химических связей и качественная зонная модель, развитые в [8]. Удастся с единых позиций объяснить весь комплекс экспериментальных результатов во всем диапазоне концентраций системы  $\text{CrAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  как при атмосферном, так и при высоких гидростатических давлениях.

Дальнейшие исследования по сплавам квазибинарных систем монопниктидов переходных  $3d$ -металлов представляют интерес с различных точек зрения, в том числе и общефизической проблематики.

1. *A. Kallel, H. Boller, E. Bertaut*, J. Phys. Chem. Sol. **35**, 1139 (1974).
2. *T. Suzuki, H. Ido*, J. Magn. Magn. Mater. **54–57**, 935 (1986).
3. *Э.А. Завадский, И.А. Сибарова, С.А. Бужинский*, ФТТ **24**, 1009 (1982).
4. *T. Kaneko, H. Yoshida, M. Ohashi, S. Abe*, Physica **B86–88**, 410 (1977).
5. *Э.А. Завадский, И.А. Сибарова*, ФТТ **26**, 2079 (1984).
6. *С.А. Бужинский*, Препринт ДонФТИ-84-17, Донецк (1984).
7. *Б.Н. Савенко, И.П. Глазков, Д.П. Козленко, К.М. Подурец, А. Соменков*, Магнитные материалы и их применение. Тез. докл. II Междунар. конф., 2002, Минск.
8. *С.А. Бужинский*, Препринт ДонФТИ-91-3, Донецк (1991).

*S.A. Buzhinsky*

#### PHASE $P$ – $T$ -DIAGRAMS ALLOYS OF SYSTEM $\text{CrAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ AT $0 < x < 1$

Measurements of a magnetic susceptibility of alloys quasibinary systems  $\text{CrAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  in the field of concentration  $0.46 < x < 0.70$  in a temperature interval 15–350 K under action of hydrostatic pressure up to 800 MPa in a magnetic field 1.15 T are carried out. Phase  $P$ – $T$ -diagrams of investigated samples are constructed by results of measurements. It is experimentally proved, the hydrostatic and chemical pressure (alloying) in all range of concentration operates similarly. We found that pressure changes a sort of phase transition the order–disorder from II to I and from I to II in alloys at  $x = 0.54$  and  $x = 0.57$ , respectively.

**Fig. 1.** Influence of pressure on temperature dependence of a magnetic susceptibility of alloy  $\text{CrAs}_{0.52}\text{Sb}_{0.48}$ : 1 –  $P = P_{\text{atm}}$ ; 2 –  $P = 0.2$  GPa; 3 – 0.4; 4 – 0.6; 5 – 0.8

**Fig. 2.** Phase  $P$ – $T$ -diagrams alloys of system  $\text{CrAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ : *a*: 1 –  $x = 0.46$ , 2 – 0.48, 3 – 0.50; *б*: 1 – 0.54, 2 – 0.57; *в*: 1 – 0.60, 2 – 0.65, 3 – 0.70