

PACS: 72.20.-i

А.Ю. Моллаев, Р.К. Арсланов, А.Г. Алибеков, Л.А. Сайпулаева

УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ И КОЭФФИЦИЕНТ ХОЛЛА В *n*-CdTe В ОБЛАСТИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Институт физики Дагестанского научного центра РАН
ул. М. Ярагского, 94, г. Махачкала, 367003, Россия
E-mail: a.mollaev@mail.ru

*Измерены удельное электросопротивление и коэффициент Холла *n*-CdTe при высоких гидростатических давлениях до 6 GPa. В диапазоне давлений $P = 0-5$ GPa наблюдаются два фазовых перехода: 1) цинковая обманка–киноварь (переход полупроводник–полупроводник, $P = 2.1 \pm 0.2$ GPa); 2) киноварь–натрий хлор (переход полупроводник–металл, $P = 3.5 \pm 0.3$ GPa).*

Введение

Теллурид кадмия представляет большой интерес как материал для солнечных батарей и легко получается из расплава в виде материала *n*- и *p*-типа.

При атмосферном давлении полупроводниковое соединение CdTe известно в двух модификациях. Термодинамически стабильной является фаза I с кубической структурой типа сфалерита (цинковой обманки) ($a = 0.6478$ nm, $Z = 4$, плотность 5.87 g/cm³, пространственная группа $F\bar{4}3m$).

Барические исследования эффекта Холла и электропроводности в теллуриде кадмия в широком интервале температур позволяют получить важную информацию о фазовых переходах, установить области устойчивости фаз, выяснить роль структурных дефектов, глубже понять природу явлений, наблюдающихся в кристаллах при высоких давлениях, и направленно влиять на свойства материалов, используемых в новой технике.

Фазовые превращения в CdTe в твердом состоянии при комнатной температуре изучены достаточно подробно методом измерения электросопротивления, рентгеноструктурным, оптическим, объемным и другими методами [1–6]. Имеющиеся литературные данные, касающиеся зависимости структурных и электрофизических свойств теллурида кадмия от давления, существенно различаются. Эти расхождения вызваны прежде всего различными способами синтеза CdTe и измерения.

В ранних исследованиях были обнаружены два фазовых перехода:

1) из структуры сфалерита или вюрцита в структуру типа NaCl в диапазоне давлений 2.8–3.9 GPa. Переход от тетра- к октаэдрической координации сопровождается уменьшением объема приблизительно на 20% и перемещением катионов из октаэдрических пустот каменной соли в одну из двух смежных тетраэдрических пустот;

2) в тетрагональную объемно-центрированную структуру типа белого олова в области давлений 9.0–10 GPa. Фаза со структурой типа NaCl является металлом.

Известно, что переход между фазами цинковая обманка и натрий хлор имеет более сложный характер. В области $P \approx 2.5\text{--}4$ GPa наблюдаются два фазовых перехода: цинковая обманка–киноварь и киноварь–натрий хлор.

В работе [4] было измерено удельное электросопротивление ρ в области фазового перехода в p -CdTe. На барических зависимостях $\rho(P)$ обнаружены два четких максимума: при $P = 1.8$ GPa – фазовый переход цинковая обманка–киноварь, при $P = 3.2$ GPa – киноварь–натрий хлор. Нам представлялось интересным продолжить исследования на образцах n -типа.

Техника эксперимента

Измерения проводили в аппарате высокого давления типа «тороид», который был помещен в многовитковый соленоид с полем $H \leq 5$ кОе. Образцы CdTe вырезали из монокристаллического слитка, шлифовали, травили, точечные контакты (омические) наносили индием. Измерительная ячейка представляла собой фторопластовую капсулу, которая имела до 12 электровыводов, что позволяло в один прием измерять два эффекта и контролировать давление в процессе измерения при подъеме и сбросе. Более подробно методика и техника эксперимента описаны в [7].

Эксперимент и обсуждение

Впервые одновременно на образцах n -CdTe измерены удельное электросопротивление ρ и коэффициент Холла R_H при высоком гидростатическом давлении до 6 GPa. Экспериментальные результаты представлены на рис. 1. Из рис. 1,а видно, что до давлений $P = 2$ GPa электросопротивление возрастает с различными барическими коэффициентами на ~ 4 порядка, что обусловлено наличием квазилокализованного уровня дефекта, расположенного в глубине зоны проводимости [8]. При давлениях $P = 2.1 \pm 0.2$ GPa и $P = 3.5 \pm 0.3$ GPa наблюдаются два четких максимума, связанные с переходами: 1) цинковая обманка–киноварь, 2) киноварь–натрий хлор. Затем удельное электросопротивление падает на ~ 6 порядков и при $P > 5$ GPa выходит на насыщение. В области насыщения $\sigma \approx 300 \text{ }\Omega \cdot \text{см}$, что свидетельствует о металлическом характере проводимости.

Сценарий поведения коэффициента Холла аналогичен (рис. 1,б). С ростом давления коэффициент Холла возрастает почти на 2 порядка и затем падает на 3 порядка. В области насыщения концентрация носителей $n \approx 10^{20} \text{ см}^{-3}$, что еще раз указывает на металлический характер проводимости.

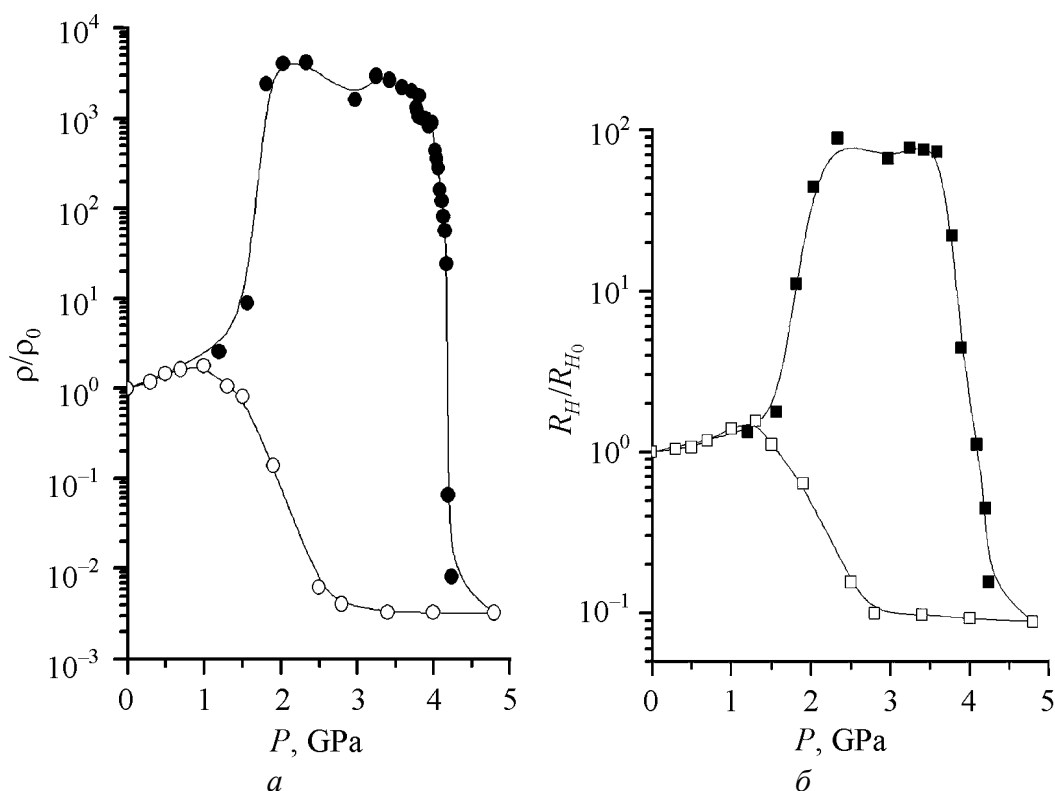


Рис. 1. Барические зависимости приведенных к атмосферному давлению удельного электросопротивления (а) и коэффициента Холла (б) в n -CdTe ($n = 7.7 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $\mu = 760 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$): ●, ■ – подъем давления; ○, □ – сброс

На барических зависимостях удельного электросопротивления и коэффициента Холла при сбросе давления наблюдается также фазовый переход при $P \approx 2.3 \text{ GPa}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 05–02–16608) и подпрограммы № 3 Программы Президиума РАН П-09 «Исследование вещества в экстремальных условиях».

1. Е.Ю. Тонков, Фазовые превращения соединений при высоком давлении, Т. 1, Е.Г. Понятовский (ред.), Металлургия, Москва (1988).
2. П.И. Баранский, В.П. Клочков, И.В. Петкевич, Полупроводниковая электроника. Справочник, Наукова думка, Киев (1975).
3. D. Martínez-García, Y. Le Godec, M. Mézouar, G. Syfosse, J.P. Itié, J.M. Besson, Phys. Status Solidi **B211**, 461 (1999).
4. А.Ю. Моллаев, Л.А. Сайпулаева, Ю.М. Иванов, ФТВД **13**, № 1, 43 (2003).
5. S. Gilliland, J. González, H.S. Güder, A. Segura, I. Mora, V. Muñoz, Phys. Status Solidi **B235**, 441 (2003).
6. H.S. Güder, S. Gilliland, J.A. Sans, A. Segura, J. González, I. Mora, V. Muñoz, A. Muñoz, Phys. Status Solidi **B235**, 509 (2003).

7. А.Ю. Моллаев, Л.А. Сайпулаева, Р.К. Арсланов, С.Ф. Маренкин, Неорган. материалы **37**, 403 (2001).
8. В. Пол, Труды IX Междунар. конф. по физике полупроводников, Москва (1968), т. 1, с. 17.

A.Yu. Mollaev, R.K. Arslanov, A.G. Alibekov, L.A. Saypulaeva

SPECIFIC ELECTRIC RESISTANCE AND HALL COEFFICIENT IN *n*-CdTe IN A REGION OF PHASE TRANSITION UNDER PRESSURE

The specific electric resistance and Hall coefficient in *n*-CdTe are measured at high hydrostatic pressure up to 6 GPa. In the pressure range $P = 0\text{--}5$ GPa there are two phase transitions: 1) zinc blende–cinnabar (semiconductor–semiconductor transition, $P = 2.1 \pm 0.2$ GPa); 2) cinnabar–NaCl (semiconductor–metal transition, $P = 3.5 \pm 0.3$ GPa).

Fig. 1. The baric dependence of specific electric resistance (a) and Hall coefficient (b) in *n*-CdTe ($n = 7.7 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $\mu = 760 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) reduced to the atmospheric pressure:

●, ■ – pressure increase; ○, □ – release