

PACS: 61.50.Ks

А.Н. Бабушкин<sup>1</sup>, С.В. Татур<sup>1</sup>, Т.С. Лях<sup>1</sup>, А.Ю. Моллаев<sup>2</sup>, Р.К. Арсланов<sup>2</sup>,  
Л.А. Сайпулаева<sup>2</sup>, С.Ф. Маренкин<sup>3</sup>

## ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ДИАРСЕНИДА ЦИНКА ПРИ ДАВЛЕНИЯХ 15–50 GPa И ТЕМПЕРАТУРАХ 77–400 К

<sup>1</sup>Уральский государственный университет  
пр. Ленина, 51, г. Екатеринбург, 620083, Россия

<sup>2</sup>Институт физики Дагестанского научного центра РАН  
ул. М. Ярагского, 94, г. Махачкала, 367003, Россия  
E-mail: fvd@xtreem.ru

<sup>3</sup>Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН  
Москва, Россия

Статья поступила в редакцию 19 сентября 2004 года

*При высоких давлениях до 50 GPa измерена электропроводность диарсенида цинка  $ZnAs_2$  при подъеме и сбросе давления, сделан вывод о существовании при  $P \approx 40$  GPa структурного фазового перехода. По температурным зависимостям электросопротивления показано, что в интервале температур 250–400 К проводимость определяется активационными механизмами, причем энергии активации изменяются с изменением температуры и давления. Рассчитаны барические зависимости энергии активации и коэффициента  $R_0$ .*

### Введение

Диарсенид цинка относится к полупроводниковым соединениям группы  $A^{II}B^V$  и является материалом, анизотропия свойств которого обусловлена наличием связей как Zn–As, так и As–As. Ранее [1] было выявлено, что при гидростатических давлениях до 9 GPa электрические характеристики  $ZnAs_2$  не имеют особенностей. В то же время известно [2,3], что в близком по структуре соединении  $CdAs_2$  под действием давления возникают фазовые превращения. Поэтому представляет интерес изучение электропроводности  $ZnAs_2$  при более высоких давлениях на тех же образцах, что и в [1].

Ранее [4] нами показано, что при обработке давлением в диарсениде цинка происходят необратимые изменения. Барические зависимости электрического сопротивления  $ZnAs_2$  при первом нагружении существенно отличаются от зависимостей, наблюдаемых при повторных нагружениях. Это указывает на возникновение ранее неизвестной фазы высокого давления, остаю-

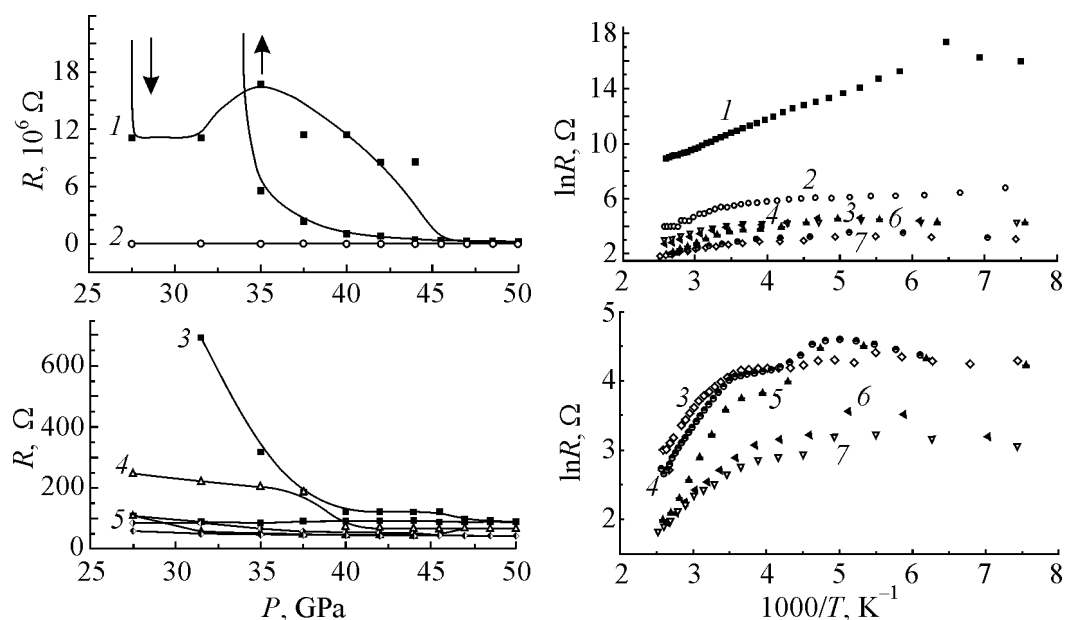
щейся стабильной после снятия нагрузки. Задача нашего исследования – изучение температурных зависимостей сопротивления фаз низкого и высокого давления  $ZnAs_2$  с учетом барической предыстории образца.

### Методика эксперимента

Давления от 15 до 50 GPa создавали с помощью камеры высокого давления с наковальнями типа закругленный конус–плоскость [4], изготовленными из синтетических поликристаллических алмазов типа «карбонадо». Такие наковальни хорошо проводят электрический ток, что позволяет измерять барические и температурные зависимости сопротивления образца, помещенного между наковальнями, используемыми в качестве контактов. Данная методика дает возможность циклически изменять давление, приложенное к образцу. Это позволяет не только изучать изменения проводимости при изменении давления, но и анализировать возможные изменения в структуре образца по необратимым изменениям электрических свойств (предыстории образца). Измерения проводили в интервале температур 77–400 К. Детально методика измерений описана в [5].

### Результаты и их обсуждение

Как было показано в [3], поведение сопротивления  $ZnAs_2$  зависит от барической предыстории образца (рис. 1). Это позволило сделать предположение о возникновении в  $ZnAs_2$  новой фазы при высоком давлении.



**Рис. 1.** Зависимости электросопротивления от давления: 1 – первый ввод и снятие давления, 2 – последующие, детально показанные на нижнем графике; 3 – второй ввод и снятие давления, 4 – третий, 5 – четвертый

**Рис. 2.** Температурные зависимости электросопротивления  $ZnAs_2$  (не подвергнутого обработке давлением в исходном состоянии) при воздействии последующего давления, GPa: 1 – 22; 2 – 27.5; 3 – 31.5; 4 – 35; 5 – 40; 6 – 44; 7 – 45.5

Так как начальная фаза и фаза высокого давления имеют разные электрофизические характеристики, нами изучены температурные зависимости сопротивления  $ZnAs_2$  при первичном и последующем нагружениях.

Зависимости, соответствующие образцу, не подвергнутому обработке давлением, показаны на рис. 2. В области 250–400 К сопротивление имеет активационный характер, существуют переходная и низкотемпературная области, где сопротивление практически не зависит от температуры.

Температурные зависимости сопротивления образца, подвергнутого обработке давлением, подобны описанным выше (рис. 3), однако диапазон изменения сопротивления существенно меньше. При низких температурах сопротивление от температуры не зависит.

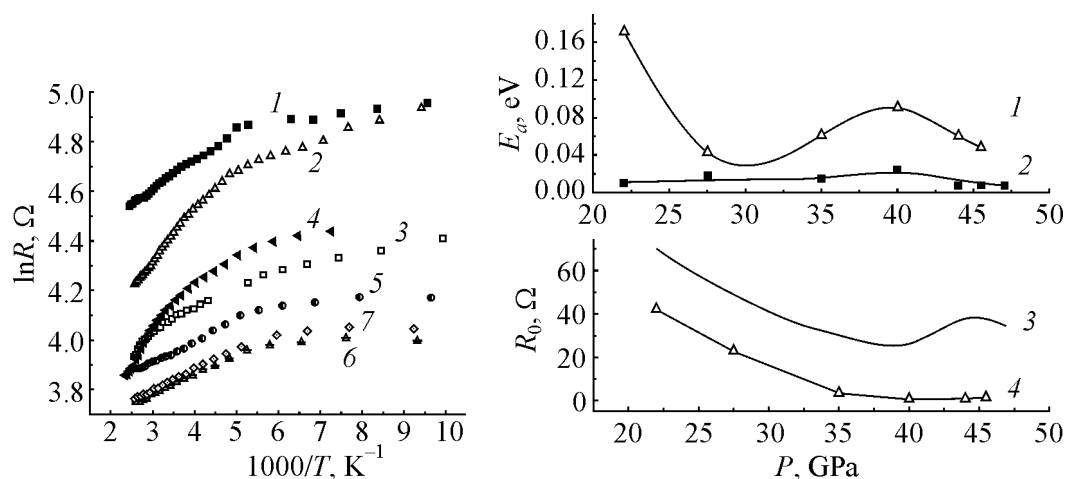
На основе этих данных по формуле (1) рассчитаны энергия активации и коэффициент  $R_0$ , характеризующий подвижность, концентрацию и эффективную массу носителей зарядов в зависимости от давления (рис. 4):

$$R = R_0 e^{E_a / kT} \quad (1)$$

Кривые 1 и 4 на рис. 4 соответствуют энергии активации проводимости и коэффициенту  $R_0$  для образца, не подвергнутого обработке давлением. Видно, что при давлениях  $\sim 40$  GPa наблюдается максимум энергии активации, коэффициент  $R_0$  не характеризуется никакими особенностями. Повторная обработка давлением (кривые 2 и 3) ведет к значительному снижению максимума энергии активации и появлению особенности на графике  $R_0$ .

### Заключение

Изучение влияния высоких давлений до 50 GPa на электрические характеристики  $ZnAs_2$  показали, что под влиянием таких давлений в образце



**Рис. 3.** Температурные зависимости электросопротивления  $ZnAs_2$  (подвергнутого обработке давлением в исходном состоянии) при воздействии последующего давления, GPa: 1 – 22; 2 – 27.5; 3 – 35; 4 – 40; 5 – 44; 6 – 45.5; 7 – 47

**Рис. 4.** Барические зависимости энергии активации (а) и коэффициента  $R_0$  (б)

происходят необратимые изменения электрофизических характеристик. Полученные результаты свидетельствуют о возможности существования в  $\text{ZnAs}_2$  структурного перехода при давлениях 35–40 ГПа.

1. А.Ю. Моллаев, Л.А. Сайпулаева, Р.К. Арсланов, С.Ф. Габиров, С.Ф. Маренкин, А.Ю. Вольфович, Неорган. материалы **38**, 263 (2002).
2. A.Yu. Mollaev, L.A. Saypulaeva, R.K. Arslanov, S.F. Gabibov, S.F. Marenkin, High Pressure Research **22**, 181 (2002).
3. А.Ю. Моллаев, Л.А. Сайпулаева, Р.К. Арсланов, С.Ф. Маренкин, Неорган. материалы **37**, 405 (2001).
4. А.Ю. Моллаев, Р.К. Арсланов, Л.А. Сайпулаева, А.Н. Бабушкин, Т.С. Лях, С.В. Татур, С.Ф. Маренкин, А.Ю. Вольфович, Тез. докл. III Межд. конф. «Фазовые превращения при высоких давлениях», Черноголовка (2004), Р-37.
5. Л.Ф. Верещагин, Е.Н. Яковлев, Г.Н. Степанов, К.Х. Бибаев, Б.В. Виноградов, Письма в ЖЭТФ **16**, 240 (1972).
6. A. Babushkin, High Pressure Research **6**, 349 (1992).

A.N. Babushkin, S.V. Tatur, T.S. Lyakh, A.Yu. Mollaev, R.K. Arslanov, L.A. Saypulaeva, S.F. Marenkin

#### THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF $\text{ZnAs}_2$ AT PRESSURES OF 15–50 GPa AND TEMPERATURES OF 77–400 K

The electrical conductivity has been measured with rise and release of pressure at high pressure up to 50 GPa in  $\text{ZnAs}_2$ , a conclusion of the presence of the structural phase transition at  $P \approx 40$  GPa has been drawn. According to temperature dependence of the electrical resistance, it was shown that electrical conductivity is defined by activation mechanisms in the temperature range 250–400 K, the activation energy changing with temperature and pressure change. Baric dependences for the activation energy and the coefficient  $R_0$  have been calculated.

**Fig. 1.** Dependences of electrical resistance on pressure: 1 – the first application and release of pressure, 2 – the following shown in lower graph: 3 – second application and release of pressure, 4 – third, 5 – the fourth one

**Fig. 2.** Temperature dependences for electrical resistance of  $\text{ZnAs}_2$  (without pressure effect in the original state) processed by pressure, GPa: 1 – 22; 2 – 27.5; 3 – 31.5; 4 – 35, 5 – 40; 6 – 44; 7 – 45.5

**Fig. 3.** Temperature dependences for electrical resistance of  $\text{ZnAs}_2$  (pretreated by pressure in the original state) processed by pressure, GPa: 1 – 22, 2 – 27.5; 3 – 35; 4 – 40; 5 – 44; 6 – 45.5; 7 – 47

**Fig. 4.** Baric dependences of activation energy ( $a$ ) and coefficient  $R_0$  ( $b$ )