

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 537.226.4

© 1992

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ И ТЕРМОЭДС ФОСФИДА ГАЛЛИЯ
ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 50 ГПа

А. Н. Бабушкин

Изучению барических зависимостей электрического сопротивления и термоэдс GaP посвящено достаточно много работ [1–8]. Во всех этих исследованиях делается заключение о существовании в GaP перехода полупроводник—металл при давлениях 21–24 ГПа. В то же время нам не известны данные о температурных зависимостях сопротивления GaP при давлениях, превышающих 20 ГПа, позволяющих подтвердить вывод о металличности фазы высокого давления. Кроме того, не ясен вопрос о влиянии циклирования давления на электрические свойства этого материала.

Целью нашей работы являлось изучение влияния давления 20–50 ГПа на температурные зависимости электросопротивления (в интервале температур 77–300 К) и термоэдс (при 300 К) фосфида галлия.

Для генерации давления использовали камеру высокого давления (КВД) с наковальными типа закругленный конус—плоскость, изготовленными из синтетических поликристаллических алмазов «карбонадо» (АСПК) [9]. АСПК хорошо проводят электрический ток, сопротивление изготовленных из них КВД составляет единицы Ом и слабо возрастает с температурой. Это позволяет применять наковальни в качестве электрических контактов и при исследовании образцов с сопротивлением, превышающим сопротивление КВД без образца, вклад наковален не будет оказывать существенного влияния на изучаемые барические зависимости сопротивления. При измерениях термоэдс градиент температуры по образцу не превышал 2 К. Для контроля были проведены измерения термоэдс на образцах меди и кремния, показавшие хорошее совпадение с данными других исследователей (например, [4]).

Калибровку КВД проводили как по изменению сопротивления при фазовых переходах в GaP, CdS, ZnS, так и с использованием соотношений, полученных из решения задачи о внедрении жесткого сферического индентора в тонкий слой материала, лежащий на упругой подложке [10]. Подробно вопросы оценки величины генерируемых давлений и измерений электропроводности и термоэдс рассмотрены в [11].

Для измерений использовали монокристаллы GaP с низким содержанием примесей (удельное сопротивление образцов при комнатной температуре и нормальном давлении не превышало 10^8 Ом·см).

На рис. 1 показаны барические зависимости сопротивления GaP, полученные при нагружении и разгрузении образца (комнатная температура). Видно, что эти зависимости не совпадают друг с другом. Более того, при последующем после размыкания наковален нагружении барическая зависимость сопротивления не совпадает с зависимостью, полученной при первом вводе давления (что

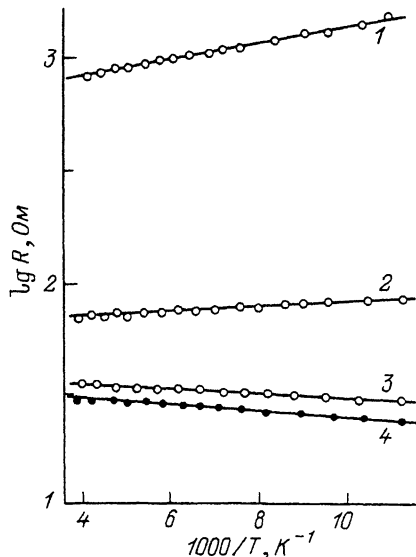
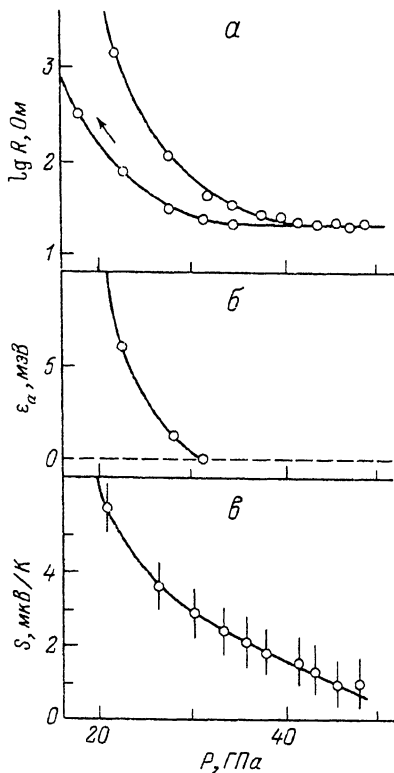


Рис. 1. Барические зависимости сопротивления (а), энергии активации проводимости (б) и термоэдс (в) фосфида галлия.

Рис. 2. Температурные зависимости сопротивления фосфида галлия при давлениях, ГПа: 21.7 (1), 27.3 (2), 31.4 (3) и 33.7 (4).

неоднократно подтверждено измерениями на разных образцах GaP). Такое необратимое изменение электропроводности после обработки фосфида галлия давлением, превышающим давление структурного фазового перехода, связано, по видимому, с теми же причинами, что и необратимые изменения рентгеновского и оптического спектров поглощения [12–15], в частности, с предполагаемой частичной аморфизацией образца.

На рис. 2 приведены температурные зависимости сопротивления фосфида галлия при давлениях, превышающих давление структурного перехода. Сразу после перехода в состояние с высокой проводимостью сопротивление уменьшается с ростом температуры и только при давлениях более 31 ГПа характер температурной зависимости сопротивления изменяется. Эти данные свидетельствуют о том, что либо переход полупроводник—металл в GaP происходит при давлениях порядка 31 ГПа, либо после структурного фазового перехода при 21 ГПа в образце существует смесь фаз и при давлениях 21–31 ГПа проводимость образца определяется полупроводниковой фазой. Отметим, что температурные зависимости сопротивления GaP в интервале давлений 21–31 ГПа (при температурах 77–280 К) хорошо описываются обычными активационными соотношениями $R = R_0 \exp(E_a / kT)$ (коэффициент корреляции при обработке этих зависимостей методом наименьших квадратов не ниже 0.95). Изменение с ростом давления энергии активации проводимости и термоэдс показано на рис. 1. Знак термоэдс показывает, что за проводимость ответственны электроны. Величина термоэдс полупроводниковой фазы GaP близка к значению, полученному ранее (около 10 мкВ/К [4, 5]).

Таким образом, полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что фосфид галлия переходит в состояние с металлическим типом проводимости при давлении не ниже 31 ГПа. Отметим, что, по данным рентгеновских спектральных исследований [¹³⁻¹⁵], полный переход GaP в металлическую фазу возможен при 36 ГПа.

Список литературы

- [1] Yakovlev E. N., Vinogradov B. V., Stepanov G. N., Timofeev Yu. A. // Rev. Phys. Chem. Jap. 1980. V. 50. P. 243—258.
- [2] Банди Ф. П. Применение твердосплавных поршней с наконечниками из спеченных алмазов // ПНИ. 1975. № 10. С. 9—16.
- [3] Шенников В. В. // ФММ, 1989. Т. 67. № 1. С. 93—96.
- [4] Шенников В. В. // ФТТ. 1986. Т. 28. № 4. С. 1230—1233.
- [5] Шенников В. В. Переход полупроводник—металл в фосфиде галлия // Физика и техника высоких давлений // Респ. межведомств. сб. Киев: Наукова думка, 1987. № 24. С. 71—73.
- [6] Onodera A., Kawai N. // Sol. State Communs. 1974. V. 44. N 9. P. 803—806.
- [7] Homan C. G., Kendell D. R., Davidson T. B., Frankel J. // Sol. State Communs. 1975. V. 45. N 7. P. 831—832.
- [8] Onodera A., Ohtami A. // J. Appl. Phys. 1980. V. 51. N 5, P. 2581—2585.
- [9] Верещагин Л. Ф., Яковлев Е. Н., Степанов Г. Н. // Письма в ЖЭТФ. 1972. Т. 16. № 4. С. 240—242.
- [10] Макушкин А. П. // Трение и износ. 1984. Т. 5. № 5. С. 823—831.
- [11] Бабушкин А. Н. Электропроводность и термоэдс хлорида натрия при давлениях выше 20 ГПа // Влияние высоких давлений на вещество. Киев: Ин-т проблем материалоуедения АН УССР, 1990. С. 67—74.
- [12] Hu J. Z., Black D. K., Spain I. L. // Sol. State Communs. 1984. V. 54. N 5. P. 285—287.
- [13] Itie J. P., Polian A., Jaubertine—Carillon C., Dartyge E., Fontaine A., Tolentino H., Tourillon G. // Physica B. 1989. V. 128. N 1—3. P. 604—605.
- [14] Polian A., Itie J. P., Jaubertine—Carillon C., Dartyge E., Fontaine A., Tolentino H., Tourillon G. // High Pres. Res. 1990. V. 4. P. 309—311.
- [15] Jaubertine—Carillon C., Guillemin C. // J. Phys. Condens. Mat. 1989. V. 1. N 37. P. 6807—6816.

Уральский государственный университет
им. А. М. Горького
Свердловск

Поступило в Редакцию
25 марта 1991 г.

УДК 539.143.43

© Физика твердого тела, том 34, № 4, 1992
Solid State Physics, vol. 34, N 4, 1992

ВОЗМОЖНОСТЬ СУЖЕНИЯ ОБМЕННО-УШИРЕННОЙ ЛИНИИ МАГНИТОАКУСТИЧЕСКОГО СПИНОВОГО РЕЗОНАНСА

Э. Халваши

Хорошо известны методы сужения резонансных линий уширенных диполь-дипольным взаимодействием в спиновых системах со спином, равным $1/2$ [¹] и $>1/2$ [²⁻⁵]. Для сужения дипольно-уширенной резонансной линии ЯМР в системе со спином $>1/2$ предложены различные методы.

Например, в [²] использовалось воздействие ультразвука, насыщающего ядерные зеэмановские уровни, в [³] сильное радиочастотное поле было приложено к ядерным квадрупольным уровням, в [^{4,5}] были применены многоимпульсные последовательности и метод импульсного спин-локинга соответственно.

Хорошо известно также, что в случае спина $>1/2$ спиновое обменное взаимодействие дает вклад во второй момент ядерной и электронной магнитоакустической резонансной линии [^{6,7}] и может являться основной причиной уширения. Поэтому представляется важным выяснение условий сужения подобной обмен-