

в скоплении, достаточное для пробы в домене. Энергия упругого поля скопления есть $W \sim (N\sigma_{pm})^2/2E \sim 10^{-4} F$, откуда находим $N^2 \sim 10$. Это означает, что при напряжениях порядка $3 \cdot 10^7$ дин/см² в рассматриваемой системе пластический пробой создается скоплениями из нескольких дислокаций, что как раз и означает наличие практически свободного скольжения.

Таким образом, экспериментально наблюдаемые пластические свойства кристаллов могут быть непротиворечивым образом интерпретированы в рамках модели формоизменения гетерофазной системы, что в свою очередь подтверждает гипотезу о существовании многослойных политипных структур в указанных веществах.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Александровский А. Н., Кирьянова Е. А., Мавжелей В. Г. и др. // ФНТ. 1987. Т. 13. № 10. С. 1092—1095.
- [2] Леонтьева А. В., Романуша В. А., Степанчук Л. В., Фельдман Э. П. // УФЖ. 1983. Т. 28. № 7. С. 1025—1031.
- [3] Чижко К. А. Деп. ВИНТИ 09.08.1988. № 6367-B88; ФНТ. 1989. Т. 15. № 1. С. 117.
- [4] Йенсен Л. // Современная квантовая химия. М.: Мир, 1968. С. 251—279.
- [5] Bricheno T., Venables T. A. // J. Phys. C. 1976. V. 9. N 22. P. 4095—4118.
- [6] Mevrel R., Bricheno T. // J. Phys. C. 1977. V. 10. N 6. P. 773—779.
- [7] Barrett C. S., Haasen P. // J. Chem. Phys. 1964. V. 40. N 9. P. 2744—2745.
- [8] Barrett C. S., Meyer L. // J. Chem. Phys. 1965. V. 42. N 1. P. 107—112.
- [9] Фридель Ж. Дислокации. М.: Мир, 1967. 643 с.
- [10] Бернер Р., Кронмюллер Г. Пластическая деформация монокристаллов. М.: Мир, 1969. 272 с.
- [11] Кристьян Дж. Теория превращений в металлах и сплавах. М.: Мир, 1978. Т. 1. 806 с.
- [12] Ройтбурд А. Л. // ФТТ. 1977. Т. 19. № 10. С. 2879—2883.

Физико-технический институт
низких температур АН УССР
Харьков

Поступило в Редакцию
16 февраля 1988 г.
В окончательной редакции
19 января 1989 г.

УДК 537.31

Физика твердого тела, том 31, в. 6, 1989
Solid State Physics, vol. 31, № 6, 1989

ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА В СОЕДИНЕНИИ $MnAl_{0,75}Si_{1,25}$

М. И. Федоров, А. Е. Калязин, В. К. Зайцев, А. Э. Енгальцев

Соединения 3—d переходных металлов с кремнием представляют большой интерес как при исследовании их физических свойств, так и в практическом применении [1]. Помочь более глубоко раскрыть природу физических свойств таких материалов могут исследования соединений с аналогичной кристаллической структурой, но в которых часть атомов кремния или переходного металла заменена на атомы другого элемента. Таким соединением является $MnAl_{0,75}Si_{1,25}$.

Как показывают рентгеновские исследования [2], это соединение кристаллизуется в гексагональной структуре C40 (тип $CrSi_2$). Термоэдс и электропроводность этого соединения в области температур 300—1200 К, микротвердость и коэффициент теплопроводности при комнатной температуре исследовались в работе [3]. Других сведений о нем до начала настоящей работы известно не было.

В работе приведены результаты исследования термоэдс, электропроводности и коэффициента Холла в области температур 80—1000 К, коэффициента теплопроводности в области температур 300—900 К, дифферен-

дильного термического анализа в области температур 300—1560 К и обсуждены возможные причины наблюдающихся эффектов.

Поликристаллические образцы для измерений готовились методом вакуумного литья из предварительно приготовленных сплавов, полученных прямым сплавлением компонентов в атмосфере аргона. В качестве исходных компонентов использовались монокристаллический кремний, возогнанный марганец и алюминий гранулированный с суммарным содержанием примесей менее 0.05 %. Полученные слитки подвергались гомогенизирующему отжигу в течение не менее 150 ч при температуре 1075 К. Микронзондовые исследования показали высокую однородность образцов, а рентгенофазовые исследования подтвердили их однофазность и полное соответствие соединению $MnAl_{0.75}Si_{1.25}$.

Дифференциальный термический анализ показал, что это соединение плавится при температуре 1550 ± 10 К и имеет твердотельный фазовый переход при температуре 1230 ± 20 К, сопровождающийся поглощением

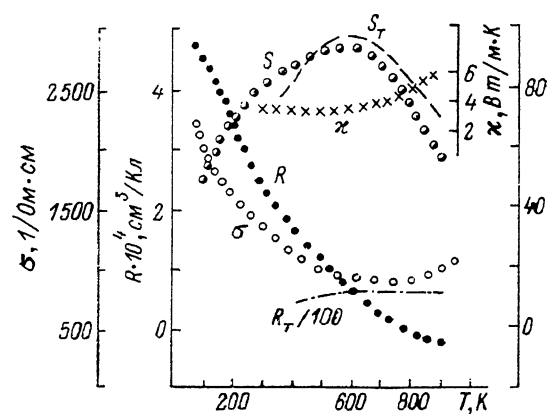


Рис. 1.

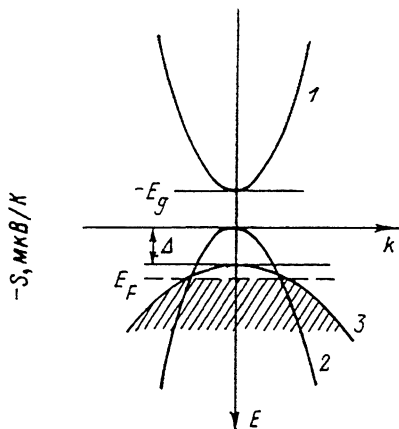


Рис. 2. Предполагаемый вариант схемы энергетических зон в соединении $MnAl_{0.75}Si_{1.25}$.

тепла при переходе к высокотемпературной фазе. Природа и кинетика наблюдаемого фазового перехода требуют дальнейшего изучения.

Исследования коэффициента Холла проводились на переменном токе в переменном магнитном поле на установке, описанной в [4]. Одновременно с измерением коэффициента Холла измерялась электропроводность образца. Коэффициент теплопроводности измерялся абсолютным стационарным методом на установке, описанной в [5]. Одновременно с коэффициентом теплопроводности измерялись термоэдс и электропроводность образца. Термоэдс и электропроводность измерялись также на ряде других установок. Погрешность измерения коэффициента теплопроводности не превышала 15 %, а остальных величин — 5 %.

На рис. 1 приведены результаты измерений коэффициента Холла R , теплопроводности κ , электропроводности σ , термоэдс S и результаты расчетов S_T , $R_T/100$. Результаты измерения термоэдс и электропроводности в общих температурных областях хорошо согласуются с данными работы [3], а значение коэффициента теплопроводности при 300 К в ~ 1.5 раза выше, чем приведенное в [3]. Как видно из рис. 1, термоэдс во всем исследованном диапазоне температур отрицательна, температурные зависимости коэффициентов теплопроводности, термоэдс и электропроводности довольно слабые и характерны для полуметаллов. Коэффициент Холла практически во всем диапазоне температур положителен и мал по абсолютной величине. Разные знаки термоэдс и коэффициента Холла наблюдались и на других материалах (например, у меди), но нигде при этом значения термоэдс не достигали таких больших величин (~ 100 мкВ/К).

Учитывая также широкий температурный интервал, в котором наблюдаются разные знаки термоэдс и коэффициента Холла, можно сказать, что этот факт не может быть объяснен наличием свободных носителей разных знаков в рамках двухзонной модели. Наиболее вероятной для объяснения аномального поведения термоэдс и коэффициента Холла нам представляется схема с привлечением трех энергетических зон (рис. 2). Поскольку представляет интерес не только сам факт наличия разных знаков термоэдс и коэффициента Холла, но и высокие абсолютные значения термоэдс, нами были проведены численные расчеты температурных зависимостей термоэдс и коэффициента Холла при такой зонной структуре с учетом межзонного рассеяния. При этом были сделаны следующие упрощающие предположения [6]: 1) все зоны характеризуются квадратичной зависимостью энергии от волнового вектора; 2) изоэнергетические поверхности являются сферами; 3) как внутризонное, так и межзонное рассеяние происходит на акустических фононах, при этом матричный элемент для рассеяния не зависит от энергии. Исходя из сделанных предположений, аналогично [6] получили следующие формулы для термоэдс и коэффициента Холла:

$$S_T = \frac{k}{e} \frac{\frac{1}{2}I_1(\mu, \delta) + P \cdot m_2/m_3 \cdot \frac{1}{2}K(\mu, \delta) - L[F_2(y) - yF_1(y)]}{\frac{1}{2}I_1(\mu, \delta) + P \cdot m_2/m_3 \cdot \frac{1}{2}K(\mu, \delta) - LF_1(y)}, \quad (1)$$

$$R_T = \frac{3\pi^2 \hbar^3}{e(2kTm_2)^{3/2}} \frac{\frac{3}{2}I_{1/2}(\mu, \delta) + G^2 K(\mu, \delta) - L^2(m_2/m_1)^{1/2} F_{1/2}(y)}{[\frac{1}{2}I_1(\mu, \delta) + P \cdot m_2/m_3 \cdot \frac{1}{2}K(\mu, \delta) - LF_1(y)]^2}, \quad (2)$$

$$\eta_i^k = \int_0^{\delta} (k - \mu)^l x^k \left(-\frac{\partial f_0}{\partial x}\right) dx + \int_{\delta}^{\infty} \frac{x^{l/2} (x - \mu)^l}{[x^{1/2} + P(x - \delta)^{1/2}]^m} \left(-\frac{\partial f_0}{\partial x}\right) dx, \quad (3)$$

$$F_k = \int_0^{\infty} x^k \left(-\frac{\partial f_0}{\partial x}\right) dx, \quad (4)$$

$$\eta^k K = \int_{\delta}^{\infty} \frac{(x - \delta)^{3/2} (x - \mu)^l}{[x^{1/2} + M(x - \delta)^{1/2}]^m} \left(-\frac{\partial f_0}{\partial x}\right) dx, \quad (5)$$

где $x = E/kT$; $\mu = E_F/kT$; $\delta = \Delta/kT$; $y = -\mu - E_g/kT$; $f_0 = 1/(1 + \exp(x - \mu))$; $P = W_{32}/W_{22} (m_3/m_2)^{3/2}$; $M = W_{33}/W_{32} (m_3/m_2)^{3/2}$; $L = W_{22}/W_{11} (m_2/m_1)$; $G = (W_{22}/W_{32})^2 (m_2/m_3)^{1/2}$; m_i — эффективная масса в i -й зоне; T — температура; k — постоянная Больцмана; e — заряд электрона; \hbar — постоянная Планка; W — вероятность внутризонного или межзонного рассеяния, пропорциональная квадрату матричного элемента ($W_{23} = W_{32}$); остальные обозначения приведены на рис. 2.

На рис. 1 приведены результаты расчетов, в которых использовались следующие значения параметров: $m_1 = m_2 = m_0$, $m_3 = 10m_0$, $W_{11} = W_{22} = 1$, $W_{33} = W_{32} = 1.5$, $E_g = \Delta = 0.2$ эВ. Концентрация примесных носителей составила при этом $P = 7 \cdot 10^{21}$ см⁻³. Как видно из рис. 1, требуемые знаки и абсолютные значения термоэдс имеют место при характерных для силицидов значениях параметров [7]. Описать количественно весь комплекс температурных зависимостей, наблюдаемых на эксперименте, в этой модели пока не представляется возможным. На конкретный вид температурных зависимостей может оказать заметное влияние возможная анизотропия кинетических коэффициентов, которая, например, имеет место в родственных соединениях, таких как высший силицид марганца и дисилицид хрома. Значительный интерес представляет исследование магнитных свойств $MnAl_{0.75}Si_{1.25}$, знание которых может помочь объяснить малую величину и ход температурной зависимости коэффициента Холла.

В заключение авторы считают своим долгом выразить глубокую благодарность Т. Б. Жуковой за помощь в проведении рентгеновских исследований, Е. П. Заяц, П. П. Константинову и А. Т. Буркову за помощь в проведении ряда измерений.

- [1] Гельд П. В., Сидоренко Ф. А. Силициды переходных металлов четвертого периода. М.: Металлургия, 1971. 584 с.
- [2] Kusma J. B., Nowotny H. // *Monatsh. Chem.* 1964. V. 95. P. 1266—1271.
- [3] Абрикосов Н. Х., Иванова Л. Д., Роднянская Н. М. // *Изв. АН СССР, неорг. матер.* 1969. Т. 5. № 4. С. 797—798.
- [4] Грузинов Б. Ф., Константинов П. П. // *ПТЭ.* 1972. № 5. С. 225—227.
- [5] Петров А. В. // *Термоэлектрические свойства полупроводников.* М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 27—35.
- [6] Кайданов В. И., Черник И. А., Ефимова Б. А. // *ФТП.* 1967. Т. 1. № 6. С. 869—879.
- [7] Зайцев В. К., Федоров М. И., Рахимов К. А., Енгальчев А. Э., Попов В. В. // *ФТТ.* 1974. Т. 26. № 3. С. 819—824.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
19 января 1989 г.

УДК 621.317

Физика твердого тела, том 31, в. 6, 1989
Solid State Physics, vol. 31, №6, 1989

АКУСТОСТИМУЛИРОВАННОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В КРИСТАЛЛАХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ A_2B_6

Я. Агаев, Г. Гарягдыев, А. П. Здебский, Г. Н. Полицкий

В [1] сообщалось об исследовании явления акустофотопроводимости в кристаллах ZnS , состоящего в увеличении фотопроводимости материала при прохождении через него ультразвуковых волн некоторой сверхпороговой мощности, достаточной для генерации новых оптически активных центров. Эффект исчезал при отключении от образца ультразвука.

В то же время в [2-7] было показано, что длительное (~ 1 ч) ультразвуковое воздействие допороговой мощности, недостаточной для генерации точечных дефектов и дислокаций, приводит к необратимому уменьшению концентрации и преобразованию имеющихся термодинамически неравновесных структурных дефектов. Это позволяет в известной степени использовать ультразвуковую обработку (УЗО) для целенаправленной модификации свойств материалов и приборов, изменяя параметры УЗО: время воздействия, частоту, интенсивность и направление колебаний в акустической волне.

Учитывая широкое использование твердых растворов на основе соединений A_2B_6 для создания различных типов фотоприемников видимой области излучения, представляет интерес исследовать влияние УЗО на фоточувствительность этих материалов. Как известно, простейшая рекомбинационная схема широкозонных соединений A_2B_6 предполагает наличие двух центров рекомбинации, так называемых медленных r -центров и быстрых s -центров. Поскольку УЗО допороговой мощности не приводит к появлению новых очувствляющих r -центров, увеличения фоточувствительности можно ожидать благодаря уменьшению концентрации s -центров.

Исследовались монокристаллы $Zn_xCd_{1-x}Se$ и $Zn_xCd_{1-x}S$, выращенные модифицированным методом «свободного» роста из газовой фазы, позволяющим получать крупные однородные монокристаллы многокомпонентных соединений [8].

Измерения фотопроводимости проводились на свежесколотой поверхности, на которую вжиганием индия наносились омические контакты. Участок между контактами через монохроматор ДМР-4 освещался лампой накаливания мощностью 500 Вт.