

Влияние всестороннего давления на подвижность электронов и корреляционные свойства системы примесей железа со смешанной валентностью в кристаллах HgSe : Fe

© И.Г. Кулеев, Г.Л. Штрапенин

Институт физики металлов Уральского отделения Российской академии наук,
620219 Екатеринбург, Россия

(Получена 3 апреля 1996 г. Принята к печати 16 сентября 1996 г.)

Теоретически исследуется влияние всестороннего давления на подвижность электронов в кристаллах HgSe:Fe в низкотемпературной области. Анализируются барические зависимости вкладов в подвижность электронов от рассеяния на коррелированной системе ионов Fe²⁺, сплавном потенциале и хаотически распределенных ионах. Рассматривается изменение степени пространственного упорядочения ионов Fe³⁺ с ростом давления.

1. Введение

Необычный характер физических свойств кристаллов HgSe:Fe связан с образованием состояния со смешанной валентностью (ССВ) ионов Fe²⁺–Fe³⁺ на уровне Ферми при концентрации примесей железа $N_{\text{Fe}} > N_{\text{Fe}}^* \simeq 4.5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ [1]. Наличие ССВ ионов железа на уровне Ферми, обладающих одной и той же энергией, позволяет *d*-дыркам (положительным зарядам на ионах железа) перераспределяться по узлам кристаллической решетки, занятым ионами Fe²⁺. Поэтому кулоновское отталкивание *d*-дырок в условиях ССВ приводит к их пространственному упорядочению. С ростом содержания примесей железа при $N_{\text{Fe}} > N_{\text{Fe}}^*$ увеличивается концентрация нейтральных в решетке центров Fe²⁺ ($N_0 \approx N_{\text{Fe}} - N_{\text{Fe}}^*$), являющихся вакантными местами для перераспределения *d*-дырок. Степень пространственного упорядочения ионов Fe³⁺ возрастает, а рассеяние электронов на них ослабляется. Это приводит к аномальному росту подвижности электронов μ в кристаллах HgSe:Fe при низких температурах с увеличением содержания примесей железа [2,3].

Всестороннее давление, приложенное к кристаллам HgSe, приводит к уменьшению эффективной массы и плотности состояний зоны проводимости [4]. При легировании этих кристаллов донорными примесями, например Ga, или в случае $N_{\text{Fe}} < N_{\text{Fe}}^*$ концентрация электронов проводимости n_e остается постоянной, а уровень Ферми повышается с ростом давления. Назовем это режимом донорных примесей (ДП). Для ССВ уровень Ферми фиксирован на *d*-уровне железа ($\varepsilon_F = \varepsilon_a = 0.21 \text{ эВ}$), и увеличение всестороннего давления приводит к уменьшению концентрации электронов n_e . Поэтому измерения эффекта Холла и осцилляций Шубникова–де-Гааза в условиях всестороннего давления позволяют достаточно надежно идентифицировать наличие ССВ в кристаллах HgSe:Fe при легировании их донорными примесями. Следует отметить, что давление позволяет вырывать состояние между концентрациями заряженных $N_{\text{Fe}^{3+}} = N_+$ и нейтральных в решетке $N_{\text{Fe}^{2+}} = N_0$ ионов железа и тем самым изменять сте-

пень пространственного упорядочения коррелированной системы ионов (КСИ) Fe³⁺. Поэтому исследования зависимости подвижности электронов от давления могут дать новую информацию об упорядочении ионов Fe³⁺ в кристаллах HgSe:Fe.

Экспериментально влияние давления на эффект Холла и подвижность электронов в кристаллах HgSe:Fe исследовались в работе [5], а в кристаллах HgSe:Fe, Ga — в работе [6]. Установлено, что концентрация электронов в условиях ССВ уменьшается с ростом давления, а подвижность электронов в образцах HgSe:Fe является возрастающей функцией давления [5], тогда как в образцах HgSe:Fe, Ga при $N_{\text{Fe}} = 2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ и $N_{\text{Ga}} \geq 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ подвижность электронов убывает с увеличением давления [6]. Интерпретация экспериментальных данных этих работ основана на варианте модели короткодействующих корреляций (МКК), предложенной в [7,8]. Как показано в [3], такой вариант МКК справедлив только в случае кулоновских корреляций и может быть использован для качественного объяснения поведения подвижности в кристаллах HgSe:Fe при небольшом содержании примесей железа $N_0/N_+ \ll 1$. Поэтому выводы работ [5,6] относительно влияния давления на подвижность электронов нельзя считать вполне обоснованными. Кроме этого в работах [5,6] не было проведено выделения вклада в подвижность рассеяния электронов на КСИ Fe³⁺, что не позволило авторам извлечь информацию о влиянии давления на степень пространственного упорядочения ионов железа.

Здесь мы будем основываться на варианте МКК, предложенном в [3]. Это вариант справедлив как для слабых, так и для сильных кулоновских корреляций в КСИ Fe³⁺, что позволило авторам [3] количественно объяснить зависимость подвижности электронов μ от N_{Fe} в широком интервале содержания примесей железа. В настоящей работе в отличие от работ [5,6] будет проанализировано влияние давления на механизмы рассеяния, определяющие подвижность электронов в кристаллах HgSe:Fe при низких температурах, а также на степень пространственного упорядочения КСИ Fe³⁺.

2. Влияние давления на рассеяние электронов в кристаллах HgSe : Fe при низких температурах

В работе [3] установлено, что основными механизмами рассеяния электронов в кристаллах HgSe : Fe в условиях ССВ при низких температурах ($T \approx 4\text{K}$) являются рассеяние на КСИ Fe^{3+} и сплавное рассеяние. Согласно модели, предложенной в [3], систему ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} в этих соединениях можно рассматривать как бинарный сплав, состоящий из заряженных (Fe^{3+}) и нейтральных в решетке (Fe^{2+}) ионов. Релаксация импульса электронов происходит за счет взаимодействия с этими центрами. Выражение для подвижности электронов может быть представлено в виде [3]

$$\mu(N_{\text{Fe}}) = \mu_{\text{BH}} \Phi_{\text{BH}} \left\{ \Phi_c(k_F) + \Lambda(k_F) \times \left[2 \left(\frac{N_0}{N_+} \right)^{1/2} \Phi_{+0}(k_F) + \frac{1}{2} \Lambda(k_F) \frac{N_0}{N_+} \right] \right\}^{-1}, \quad (1)$$

$$\mu_{\text{BH}} = 3\pi\hbar e / (m(\varepsilon_F) E_B(\varepsilon_F) \Phi_{\text{BH}}(k_F)),$$

$$\Phi_{\text{BH}} = \ln(1 + b_s^{-1}) - (1 + b_s^{-1}). \quad (2)$$

Здесь μ_{BH} — подвижность электронов, обусловленная рассеянием на хаотической совокупности ионов (КСИ) с концентрацией $N_i = n_e$, $m(\varepsilon_F)$ — эффективная масса электронов на уровне Ферми, $E_B(\varepsilon_F)$ — боровская энергия, $b_s = (2k_F r_s)^2$, r_s — радиус экранирования, $\Lambda(k_F) = (k_F^2 \varkappa V_0) / (\pi e^2)$ — отношение констант взаимодействия электронов с нейтральными V_0 и заряженными ионами железа, \varkappa — диэлектрическая проницаемость, согласно оценке [3] $\Lambda(k_F) \approx 0.1$, а значение $V_0 \approx 9 \cdot 10^{-23}$ см, что согласуется с данными [9] по рассеянию электронов нейтральными центрами в бесщелевых полупроводниках; N_+ и N_0 — концентрация заряженных и нейтральных в решетке ионов железа.

$$\Phi_c(k_F) = 2 \int_0^1 \frac{x^3 S(2xk_F)}{(x^2 + b_s^{-1})} dx,$$

$$\Phi_{+0}(k_F) = 1 - b_s \ln(1 + b_s). \quad (3)$$

Структурный фактор S_q , характеризующий степень пространственного упорядочения КСИ Fe^{3+} , определен в [3], для КСИ $S_q = 1$ и $\Phi_c = \Phi_{\text{BH}}$. В случае произвольных по величине кулоновских межпримесных корреляций структурный фактор вычисляется в приближении Перкуса–Иевики [10] для модельной системы твердых сфер. Использование этой аппроксимации оправдано тем, как показано одним из авторов данной работы, что при упорядочении КСИ Fe^{3+} из-за кулоновского отталкивания прежде всего удаляются друг от друга наиболее близко расположенные d -дырки. Это обеспечивает максимальный выигрыш свободной энергии и приводит к формированию корреляционных сфер радиусом r_c вокруг каждого иона Fe^{3+} , где нет других d -дырок. С

ростом содержания примесей железа увеличивается число вакантных мест N_0 для перераспределения d -дырок. Степень пространственного упорядочения КСИ Fe^{3+} и величина r_c возрастают. Это позволяет аппроксимировать КСИ Fe^{3+} системой твердых сфер с диаметром $d = r_c$ [3]. Степень упорядочения в такой системе характеризуется параметром упаковки $\eta = \pi d^3 N_+ / 6$, который равен отношению объема, занятого твердыми сферами, к полному объему системы. Для системы твердых сфер интегральное уравнение для прямой корреляционной функции распределения может быть решено точно [10] и структурный фактор, входящий в выражение (3), определяется согласно [10,11] без использования теории возмущений по малому параметру. В работе [3] получено уравнение, определяющее зависимость параметра упаковки $\eta(N_{\text{Fe}})$:

$$\eta(N_{\text{Fe}}) = \eta_L \left[1 - \exp(-\eta N_{\text{Fe}} / \eta_L N_+) \right], \quad (4)$$

что позволяет рассчитывать вклад в подвижность электронов μ_c от рассеяния на КСИ Fe^{3+} .

Рассмотрим теперь влияние давления отдельно на каждый из механизмов рассеяния электронов в кристаллах HgSe : Fe при низких температурах как в режиме ДП, так и для ССВ. Основной эффект всестороннего давления заключается в уменьшении энергетического зазора ε_g между зонами Γ_6 и Γ_8 , влияние его на другие параметры зонной структуры существенно меньше, и им можно пренебречь [4]. При анализе влияния давления на концентрацию электронов и кинетические характеристики кристаллов HgSe : Fe может быть использована двухзонная модель Кейна [4]

$$\varepsilon(k) = \frac{\varepsilon_g}{2} \left[\left(1 + \frac{2 \hbar^2 k^2}{\varepsilon_g m_0^*} - 1 \right) \right],$$

$$m_0^* = \frac{4}{3} \frac{p^2}{\hbar^2 \varepsilon_g} \left(\frac{\Delta + 3/2 \cdot \varepsilon_g}{\Delta + \varepsilon_g} \right). \quad (5)$$

Для кристаллов HgSe $\Delta = 0.45$ эВ, $\varepsilon_g = 0.22$ эВ, $m_0^* \approx 0.024 m_e$, m_e — масса свободного электрона. Величина энергетического зазора между p - и s -зонами $\varepsilon_g = |\varepsilon(p) - \varepsilon(s)|$ уменьшается линейно с ростом давления

$$\varepsilon_g(P) = \varepsilon_g - \beta P = \varepsilon_g - \Delta \varepsilon_g(P), \quad (6)$$

где β — барический коэффициент, согласно [5–7] $\beta \approx 6 \pm 1$ мЭВ/кбар.

Для ССВ уровень Ферми зафиксирован на донорном уровне железа $\varepsilon_F \approx \varepsilon_d = \text{const}$, поэтому с ростом давления будут изменяться эффективная масса на уровне Ферми m_F , концентрация электронов n_e и фермиевский импульс k_F :

$$m_F(P) \simeq m_F(0) \left\{ 1 - \frac{\Delta \varepsilon_g(P)}{\varepsilon_g + 2\varepsilon_F} \right\},$$

$$m_F(0) = m_0^* [1 + 2\varepsilon_F/\varepsilon_g],$$

$$n_e(P) \simeq n_e(0) \left\{ 1 - \frac{\Delta\varepsilon_g(P)}{\varepsilon_g + 2\varepsilon_F} \right\}^{3/2},$$

$$k_F(P) \simeq k_F [n_e(P)/n_e(0)]^{1/3}. \quad (7)$$

В режиме ДП в кристаллах HgSe:Fe ($N_{\text{Fe}} < N_{\text{Fe}}^*$) концентрация электронов проводимости и фермиевский импульс не изменяются, а с ростом давления повышается энергия Ферми и уменьшается эффективная масса электронов:

$$\varepsilon_F(P) = \varepsilon_F + \Delta\varepsilon_g(P) \frac{\varepsilon_g(P)}{\varepsilon_g + 2\varepsilon_F},$$

$$m_F(P) = m_F(0) \left[1 - \frac{\Delta\varepsilon_g(P)\varepsilon_g}{(\varepsilon_g + 2\varepsilon_F)^2} \right]. \quad (8)$$

Формулы (7) и (8) позволяют определять зависимость вкладов и подвижность для различных механизмов рассеяния электронов в кристаллах HgFe:Se в низкотемпературной области как в режиме ДП, так и режиме ССВ. В режиме ДП в HgFe:Se (при $N_{\text{Fe}} < N_{\text{Fe}}^*$) или в HgSe:Ga при рассеянии на ХСИ с концентрацией $N_i = n_e$ имеем

$$\mu_{\text{BH}}(P) = [m_F(0)/m_F(P)]^2 \mu_{\text{BH}}(0). \quad (9)$$

Подвижность электронов возрастает с увеличением давления в результате убывания эффективной массы электронов на уровне Ферми.

В области ССВ с ростом давления уменьшается концентрация ионов Fe^{3+} $N_+(P) = N_+(0) - \Delta n$ и возрастает концентрация нейтральных в решетке центров $N_0(P) = N_0(0) + \Delta n$, где $\Delta n = n_e(P) - n_e(0)$. Поэтому для ССВ с ростом давления подвижность электронов меняется не только благодаря уменьшению эффективной массы, но и в результате изменения пространственных

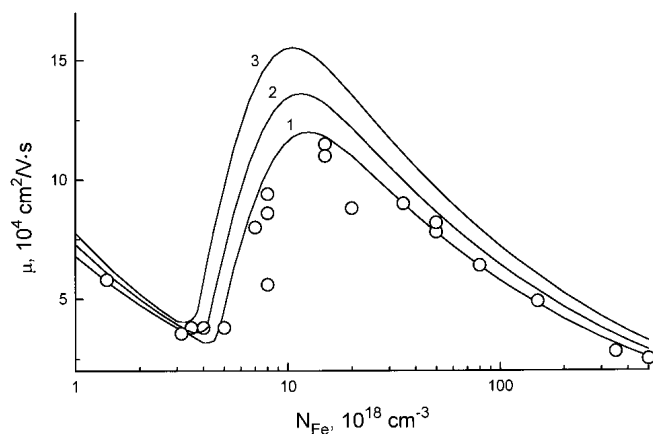


Рис. 1. Зависимости подвижности электронов от концентрации примесей железа при давлении P , кбар: 1 — 0, 2 — 5, 3 — 10. Точками обозначены экспериментальные данные, взятые из обзора [1] при $P = 0$.

корреляций КСИ Fe^{3+} . Для вклада в подвижность, обусловленного рассеянием на КСИ Fe^{3+} , получим

$$\mu_c(P) = \mu_{\text{BH}}(0) [m_F(0)/m_F(P)]^2 \times \Phi_{\text{BH}}(k_F)/\Phi_c(k_F(P), \eta(P)). \quad (10)$$

При вычислении $\eta(P, N_{\text{Fe}})$ из уравнения (4) необходимо учесть зависимость концентраций $N_+(P)$ и $N_0(P)$ от давления.

Для вклада сплавного рассеяния получаем

$$\mu_{\text{al}} = \mu_{\text{BH}}(0) [m_F(0)/m_F(P)]^2 \Phi_{\text{BH}}(k_F) [\Lambda(P)]^{-1} \times \{ 2[N_0(P)/N_+(P)] \Phi_{+0}(k_F(P)) + \frac{1}{2} \Lambda(P) N_0(P)/N_+(P) \}^{-1}. \quad (11)$$

Здесь $\Lambda(P) = [n_e(P)/n_e(0)]^{2/3} \Lambda(0)$, $\Lambda(0) \approx 0.1$. Таким образом, зависимость полной подвижности от давления определяется выражением

$$\mu(P) = [1/\mu_c(P) + 1/\mu_{\text{al}}(P)]^{-1}.$$

На рис. 1 и 2 приведены соответственно зависимости полной подвижности электронов и парциальных вкладов в подвижность сплавного рассеяния и рассеяния на ионах Fe^{3+} от содержания примесей железа для трех величин давлений $P = 0, 5$ и 10 кбар. Для нулевого давления зависимость $\mu(N_{\text{Fe}})$ совпадает с рассчитанной в работе [3]. Из рисунков видно, что с ростом давления как полная подвижность, так и парциальные вклады увеличиваются. Максимальное изменение подвижности с давлением происходит в области относительно малого содержания примесей железа, когда $N_0(0)/N_+(0) \ll 1$. Увеличение концентрации нейтральных в решетке ионов Fe^{2+} приводит к возрастанию степени пространственных корреляций в КСИ Fe^{3+} и, соответственно, к значительному увеличению подвижности электронов.

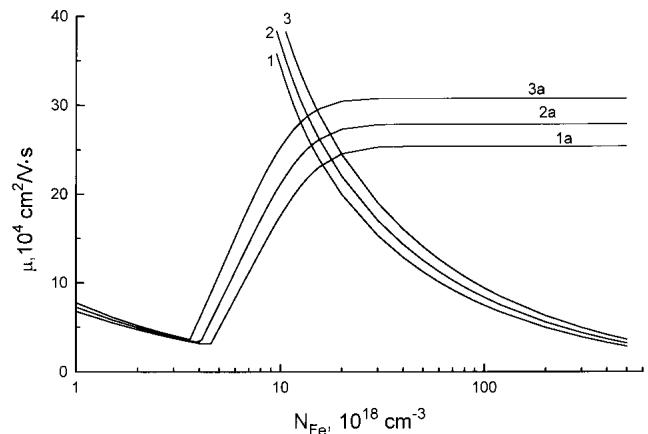


Рис. 2. Зависимости вкладов в подвижность электронов от концентрации примесей железа, обусловленных рассеянием на ионах Fe^{3+} (1, a, 2, a, 3, a) и на сплавном потенциале (1, 2, 3) при давлении P , кбар: 1, 1, a — 0; 2, a — 5; 3, a — 10.

3. Сравнение теории с экспериментальными данными

При сравнении результатов расчета зависимостей $\mu(P)$ с экспериментальными данными [5] необходимо учитывать, что кристаллы HgSe:Fe, так же как и HgSe, всегда содержат неконтролируемые собственные дефекты (межузельные атомы, вакансии ртути и т. п.) с концентрацией N_d порядка $1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ и более [1]. Эти дефекты приводят к заметному разбросу (до 25%) величин подвижности электронов при гелиевых температурах в образцах HgSe:Fe с одинаковым содержанием примесей железа (рис. 1). Сравнение рассчитанных по формулам (10)–(12) значений подвижности электронов $\mu(0)$ с экспериментальными данными [5] также показывает, что в рассмотрение необходимо включить рассеяние электронов на хаотически распределенных собственных дефектах. В предположении, что для рассматриваемых механизмов релаксации электронного импульса выполняется правило Маттиссена, выражение для полной подвижности с учетом рассеяния на собственных дефектах может быть представлено в виде

$$\mu(P) = (1/\mu_e(P) + 1/\mu_{al}(P) + 1/\mu_d(P))^{-1} \quad (13)$$

где $\mu_d(P) = \mu_{BH}(P)N_+/N_d$, N_d — концентрация собственных дефектов, $N_+ = N_{\text{Fe}^{3+}} + N_d$ — полная концентрация заряженных примесей, в области ССВ величина $N_+ \approx N_{\text{Fe}}^*$. Таким образом, из сравнения рассчитанных по формулам (10), (11) и (13) значений подвижности $\mu(0)$ с экспериментальными может быть определена концентрация собственных дефектов в образцах. Мы получили значения N_d , равные $1.1 \cdot 10^{18}$ и $0.35 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ для образцов с содержанием примесей железа $8 \cdot 10^{18}$ и $20 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ соответственно.

На рис. 3 и 4 приведены рассчитанные зависимости $n_e(P)$ и $\mu(P)$ для образцов с различным содержанием примесей железа. Хорошее согласие рассчитанных и измеренных значений $n_e(P)$ свидетельствует о том, что

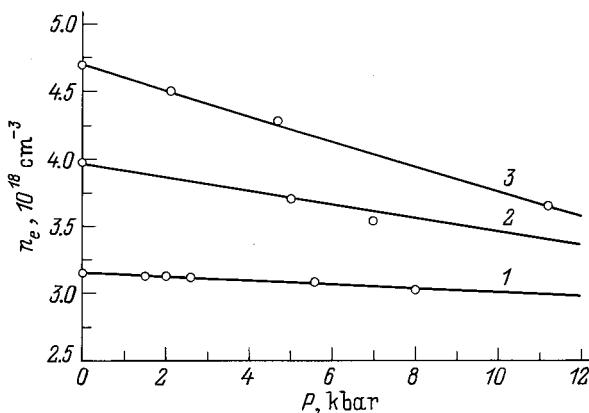


Рис. 3. Зависимости концентрации электронов от давления для образцов с содержанием примесей железа N_{Fe} , 10^{18} см^{-3} : 1 — 2, 2 — 4, 3 — 8. Точками обозначены экспериментальные данные работы [5].

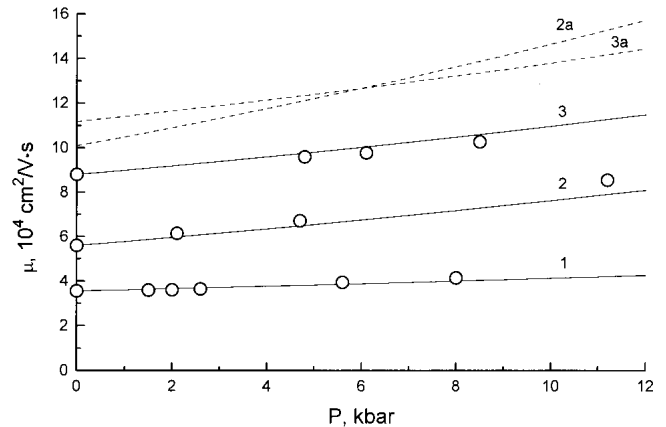


Рис. 4. Зависимости подвижности электронов от давления для образцов с содержанием примесей железа N_{Fe} , 10^{18} см^{-3} : 1 — 2, 2 — 8, 3 — 20. Кривые 2,а и 3,а рассчитаны для соответствующих концентраций железа без учета рассеяния на собственных дефектах. Точками обозначены экспериментальные данные работы [5].

двухзонная модель Кейна (5), (6) может быть использована при анализе влияния давления на концентрацию электронов и кинетические характеристики кристаллов HgSe:Fe. Как видно из рис. 4, без учета рассеяния на собственных дефектах рассчитанные значения подвижности заметно превышают измеренных экспериментально. При учете рассеяния на собственных дефектах развитая нами теория дает неплохое количественное согласие с экспериментальными данными [5]. Следует отметить, что основанный на правиле Маттиссена метод учета вклада в подвижность $\mu(P)$ от рассеяния электронов на собственных дефектах (13) может дать только грубую оценку величины N_d . В действительности при рассмотрении рассеяния электронов на КСИ Fe^{3+} и на хаотически распределенных собственных дефектах необходимо учитывать эффекты взаимного влияния процессов релаксации электронного импульса. Дело в том, что в условиях ССВ d -дырки в отличие от собственных дефектов могут перераспределяться по узлам кристаллической решетки, занятым ионами железа. Поэтому d -дырки эффективно "экранируют" взаимодействие электронов с собственными дефектами, и это приводит к ослаблению рассеяния электронов последними. Экранирующий эффект d -дырок зависит не только от их концентрации, но и от числа свободных мест, на которые d -дырки могут переходить. С ростом давления возрастает концентрация нейтральных в решетке центров Fe^{2+} и, соответственно, степень пространственного упорядочения ионов Fe^{3+} . При этом возрастает и экранирующий эффект d -дырок. Как видно из рис. 4, экспериментальные значения $\mu(P)$ для образца с $N_{\text{Fe}} = 8 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ возрастают быстрее, чем следует из результатов расчета без учета влияния примесей железа со смешанной валентностью на рассеяние электронов собственными дефектами. Более детальное обсуждение эффектов взаимного влияния процессов релаксации электронов на КСИ и ХСИ выходит за рамки данной работы и требует отдельного рассмотрения.

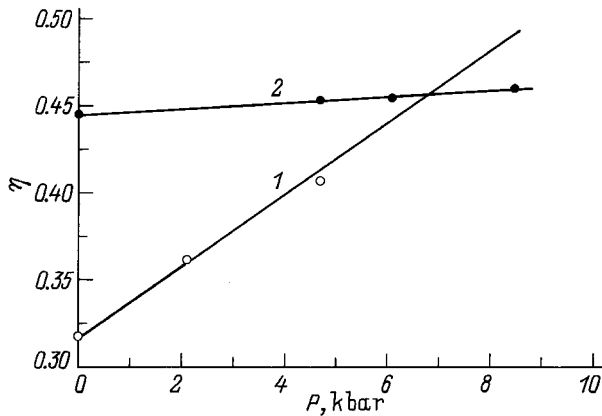


Рис. 5. Зависимости параметра упаковки η от давления для образцов с содержанием примесей железа N_{Fe} , 10^{18} см^{-3} : 1 — 8, 2 — 20. Точками обозначены величины η , полученные по формулам (14) и (15).

Формулы (10)–(13) позволяют выделить из экспериментально полученных зависимостей $\mu^{\text{exp}}(P)$ вклад в подвижность, обусловленных рассеянием на КСИ Fe^{3+} ,

$$\mu_c^{\text{exp}}(P) = [1\mu^{\text{exp}}(P) - 1/\mu_{\text{al}}(P) = 1/\mu_d]^{-1}. \quad (14)$$

Отметим, что степень пространственного упорядочения КСИ Fe^{3+} в нашей теории описывается параметром упаковки η , который входит в выражение для структурного фактора [3] и определяет величину $\Phi_c(k_F, \eta)$. Поэтому сначала найдем значения параметров N_{Fe} , $N_0(P_1)$, $N_+(P_1)$, $k_F(P_1)$ и т. д., входящих в выражение (14), при заданных P_1 и N_{Fe} . Затем вычислим $\mu_c^{\text{theor}}(P_1, \eta)$ как функцию параметра η и из выражения

$$\mu_c^{\text{exp}}(P_1) = \mu_c^{\text{theor}}(P_1, \eta) \quad (15)$$

найдем зависимости параметра $\eta(P)$ для различных концентраций примесей железа, которые приведены на рис. 5. Из рисунка видно, что при $N_{\text{Fe}} = 8 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ параметр упаковки в рассматриваемом интервале является функцией давления, в то время как при $N_{\text{Fe}} = 2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ степень пространственного упорядочения ионов Fe^{3+} с ростом давления практически не меняется. Отметим, что расчет зависимости $\eta(P)$ выполнялся без учета влияния примесей железа со смешанной валентностью на рассеяние электронов собственными дефектами, что приводит к завышенным значениям параметра упаковки.

Таким образом, при большом содержании примесей железа ($N_0/N_+ \gg 1$) возрастание подвижности электронов с давлением обусловлено в основном уменьшением эффективной массы электронов на уровне Ферми и константы $\Lambda(P)$, определяющей вклад сплавного рассеяния. При малом содержании примесей железа ($N_0/N_+ \leq 1$) основной вклад в подвижность вносит рассеяние электронов на КСИ Fe^{3+} . Увеличение давления в этом случае приводит к заметному росту степени упорядочения КСИ Fe^{3+} (рис. 5) и, соответственно, подвижности электронов.

4. Заключение

Итак, нами исследовано влияние всестороннего давления на параметры зонной структуры и подвижность электронов в кристаллах HgFe:Se в низкотемпературной области. Рассмотрены режимы ДП и ССВ, выделены и проанализированы зависимости вкладов в подвижность электронов от давления, обусловленных рассеянием на КСИ Fe^{3+} , на ХСИ и сплавным рассеянием. Показано, что при относительно малом содержании примесей железа в области ССВ рост подвижности электронов с давлением обусловлен главным образом возрастанием степени пространственного упорядочения в КСИ Fe^{3+} . При $N_0 \gg N_+$ увеличение подвижности с давлением обусловлено преимущественно уменьшением эффективной массы электронов и вклада сплавного рассеяния. Проанализировано изменение степени пространственного упорядочения ионов Fe^{3+} с ростом давления.

К сожалению, имеющийся в нашем распоряжении экспериментальный материал по исследованию влияния всестороннего давления на кинетические характеристики бесщелевых полупроводников достаточно беден. На наш взгляд, это связано не только со сложностью таких исследований, но и с отсутствием теории, позволяющей извлечь информацию о влиянии давления на корреляционные свойства системы ионов железа. Желательно было бы иметь более подробные экспериментальные исследования влияния давления на свойства кристаллов HgFe:Se в широком интервале содержания примесей железа. В частности, представляет интерес исследование образцов с $N_{\text{Fe}} > 5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$, когда сплавное рассеяние вносит доминирующий вклад в релаксацию электронного импульса. Это позволило бы экспериментально проверить зависимость от давления вклада сплавного рассеяния. Хотелось бы надеяться, что наша работа послужит стимулом к такого рода исследованиям.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (проект 95-02-03847) и программой ИНТАС грант № 93-3657 EXT.

Список литературы

- [1] И.М. Цидильковский. УФН, **162**, 63 (1992).
- [2] F.S. Pool, J. Kossut, U. Debska, R. Reifengerger. Phys. Rev. B, **35**, 3900 (1987).
- [3] И.Г. Кулеев, И.И. Ляпилин, И.М. Цидильковский. ЖЭТФ, **102**, 163 (1992).
- [4] И.М. Цидильковский. *Электронный спектр бесщелевых полупроводников* (Свердловск, 1991).
- [5] C. Skierbiszewski, Z. Wilamowski, T. Suski, J. Kossut, B. Witkowska. Semicond. Sci. Technol., **8**, 40 (1993).
- [6] C. Skierbiszewski, T. Suski, E. Litwin-Staszewska, W. Dobrowolski, K. Dybko, A. Mucielski. Semicond. Sci. Technol., **4**, 293 (1989).
- [7] Z. Wilamoski, K. Swiatek, D. Dietl, J. Kossut. Sol. St. Commun., **74**, 833 (1990).
- [8] Z. Wilamowski. Acta Phys. Polon., **A77**, 133 (1990).

- [9] J. Kossut. Phys. St. Sol. (b), **86**, 593 (1978).
[10] Дж. Займан. *Модели беспорядка* (М., 1982).
[11] Е.И. Харьков, В.И. Лысов, В.Е. Федоров. *Физика жидких металлов* (Киев, 1979).

Редактор В.В. Чалдышев

The influence of hydrostatic pressure on the electron mobility and correlation properties of a system of iron impurities with mixed valency in HgSe : Fe crystals

I.G. Kuleyev, G.L. Shtrapeinin

Institute of Metal Physics,
Russian Academy of Sciences, Ural Branch,
620219 Ekaterinburg, Russia

Abstract The influence of hydrostatic pressure on the electron mobility has been studied theoretically in HgSe:Fe crystals in a low temperature range. Contribution to the electron mobility due to electron scattering by the correlated system of charged Fe^{3+} ions, alloy potential and ions distributed at random are analyzed as a function of pressure. The change of the degree of spatial ordering of Fe^{3+} ions is considered alongside with the growth of pressure.

Fax:(3432)445244 (Kuleyev)

E-mail: semicond@ifm.e-burg.su (Kuleyev)