

мости $E_{\text{пр}}(C)$, построенные по данным настоящей работы (кривая I) и работы [8] (кривая II). Здесь же приведены экспериментальные точки из [8].

Вычисления проведены в приближении «низких» температур с помощью функции распределения Стреттона [11]. Поэтому с учетом вышесказанного относительно справедливости критерия этого приближения (2) совпадение теоретического результата с экспериментом можно считать удовлетворительным.

Авторы благодарят Е. М. Гершензона за интерес к работе и обсуждение результатов.

Л и т е р а т у р а

- [1] Чуенков В. А. — ФТТ, 1960, т. 2, в. 5, с. 799—809.
- [2] Zylberstein A. — Phys. Rev., 1962, v. 127, N 3, p. 744—749.
- [3] Koenig S. H., Brown R. D., Shillinger W. — Phys. Rev., 1962, v. 128, N 4, p. 1668—1697.
- [4] Заварицкая Э. И. — В кн.: Тр. ФИ АН СССР. М., 1966, т. 37, с. 41—101.
- [5] Чуенков В. А. — ФТП, 1968, т. 2, в. 3, с. 353—362.
- [6] Качлишвили З. С. — ФТП, 1968, т. 2, в. 4, с. 580—584.
- [7] Банная В. Ф., Веселова Л. И., Гершензон Е. М., Гринберг В. Р. — ФТП, 1971, т. 5, в. 1, с. 155—158.
- [8] Банная В. Ф., Веселова Л. И., Гершензон Е. М., Чуенков В. А. — ФТП, 1973, т. 7, в. 10, с. 1972—1977.
- [9] Khan F. A., Bhattacharyat D. P. — J. Phys. C: Sol. St. Phys., 1984, v. 17, p. 3463—3473.
- [10] Давыдов Б. И. — ЖЭТФ, 1937, т. 7, в. 8—10, с. 1069—1089.
- [11] Stretton R. — Proc. Roy. Soc., 1957, v. A242, p. 355—362.
- [12] Абакумов В. Н., Ясневич И. Н. — ЖЭТФ, 1976, т. 71, в. 2 (8), с. 657—663.
- [13] Lax M. — Phys. Rev., 1960, v. 119, N 5, p. 1502—1523.
- [14] Гегечкори Т. О., Джакели В. Г., Качлишвили З. С. — Сообщ. АН ГССР, 1981, т. 103, в. 3, с. 565—567.
- [15] Drawin H. W. — Zs. Phys., 1961, v. 164, p. 513—522.

Тбилисский
государственный университет

Получено 15.12.1987
Принято к печати 14.03.1988

ФТП, том 22, вып. 8, 1988

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}\langle\text{Br}\rangle$ И МЕХАНИЗМЫ РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ

Курбанов К. Р., Палкин А. М., Скубневский Э. В., Станкевич Е. Т.

Особый интерес представляет исследование соединений $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$ и их твердых растворов, легированных различными примесями, поскольку последние в силу нетривиальности их поведения в этих материалах могут придать им новые необычные свойства [1].

В данной работе, по-видимому, впервые сообщается об электрофизических свойствах $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ ($x=0.2$), обработанного в парах брома в условиях, когда кристалл может быть легирован атомами брома. В работе также проводится анализ температурной зависимости подвижности электронов с целью определения константы деформационного потенциала.

В настоящее время, по литературным данным, важный параметр, определяющий степень взаимодействия электронов с акустическими фононами, — константа деформационного потенциала Ξ — имеет разброс значений от 12 до до 45 эВ [2—8]. Большой разброс значений Ξ в этих работах, по-видимому, связан с тем, что авторы в основном анализировали подвижность носителей заряда либо при фиксированных температурах, либо в интервале относительно высоких температур, где доминирующую роль в рассеянии играют оптические фононы; кроме того, исследовались преимущественно вырожденные образцы, в которых механизм рассеяния более сложен, чем в невырожденных. Выраженные нами кристаллы (методом Чохральского) $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ имели n -тип проводимости.

Электронный газ в них оставался невырожденным вплоть до гелиевых температур, и носители заряда обладали большими значениями подвижности ($\sim 10^6$ см²/В·с). Это позволило нам провести анализ температурной зависимости подвижности для определения Ξ . На рис. 1 приведена типичная температурная зависимость коэффициента Холла R . Видно, что коэффициент Холла R с падением температуры растет, причем наиболее существенный рост наблюдается в тем-

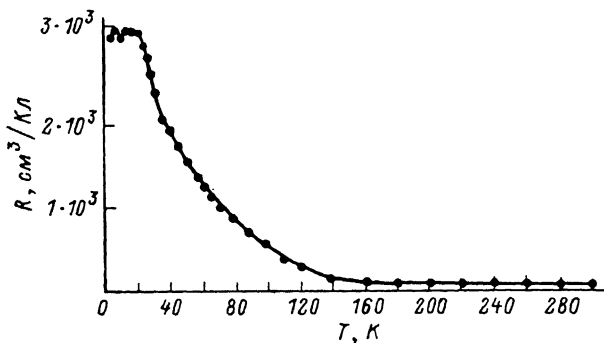
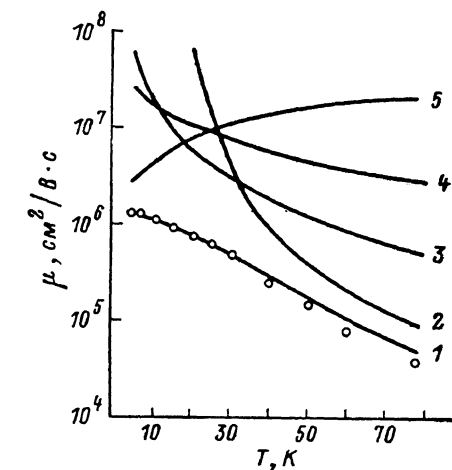


Рис. 1. Температурная зависимость постоянной Холла в $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}\langle\text{Br}\rangle$.

пературном интервале $300 \geq T \geq 77$ К (примерно на 2 порядка). При дальнейшем понижении температуры до 20 К коэффициент Холла возрастает всего в 3 раза, а ниже 20 К (вплоть до 2 К) остается постоянным. Измерения проводились в условиях сильного магнитного поля [$(\mu H/c)^2 \geq 1$] во всем диапазоне температур, поэтому холл-фактор A_n равен единице и наблюдаемый рост R с понижением температуры обусловлен локализацией электронов на донорных уровнях.



Анализ температурной зависимости коэффициента Холла показывает, что наблюдаемый донорный уровень не имеет постоянной энергии активации. По-видимому, этот уровень в исследуемых кристаллах существенно зависит от температуры, как это установлено для примесных уровней In, Ga, Al, В и уровней

Рис. 2. Температурная зависимость подвижности электронов в $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}\langle\text{Br}\rangle$.

1 — суммарная расчетная подвижность; подвижность, ограниченная рассеянием: 2 — на оптических фононах, 3 — на акустических фононах ($\Xi=25$ эВ), 4 — на потенциале сплавного рассеяния, 5 — на ионах примеси.

структурных дефектов [9, 10]. В таком случае наличие «невывораживаемой» концентрации электронов $n=2 \cdot 10^{15}$ см⁻³ может свидетельствовать о том, что наблюдаемый донорный уровень при низких температурах приближается к дну зоны проводимости или заходит в нее. Вопрос, является ли этот уровень следствием введения примеси Вг или связан с собственными дефектами решетки, остается открытым. Однако следует отметить, что температурный ход коэффициента Холла в исследуемых образцах качественно иной, чем в кристаллах, свойства которых, как предполагается, контролируются собственными дефектами [9, 11].

Характерной особенностью этих кристаллов являются высокие значения подвижности носителей заряда. Видно, что с уменьшением температуры подвижность электронов значительно возрастает, достигая $\sim 1.2 \cdot 10^6$ см²/В·с при 4.2 К.

Анализ экспериментальной подвижности $\mu(T)$ нами проведен с привлечением следующих механизмов рассеяния: рассеяния на акустических [12] и оптических [13] фононах, на кулоновском поле заряженных центров и с учетом сплав-

ного рассеяния [14]. Вычисление уровня химического потенциала в исследованных образцах показывает, что во всем интервале температур электронный газ остается невырожденным. Низкие значения концентрации электронов при низких температурах позволяют пренебречь рассеянием на внутренней части потенциала заряженного центра и эффектами интерференции [15]. При расчетах учитывались зависимости эффективных масс и диэлектрической проницаемости от температуры, эллипсоидальность энергетических поверхностей. Значение потенциала сплавного рассеяния взято из работы [16]. Концентрация ионизованных примесей определялась при низких температурах, где рассеяние на фоновых несущественно, и учитывалась ее температурная зависимость.

На рис. 2 приведены расчетные температурные зависимости подвижности электронов при различных механизмах рассеяния. Из условия наилучшего совпадения экспериментальных и расчетных значений подвижности в широком температурном интервале была определена константа деформационного потенциала $E=25$ эВ. Небольшое расхождение теоретически рассчитанных и экспериментальных подвижностей при температурах выше 30 К, вероятно, связано с учетом влияния непараболичности энергетического спектра носителей заряда.

Авторы благодарны Л. Ф. Васильевой за помощь в приготовлении омических контактов к образцам.

Л и т е р а т у р а

- [1] Кайданов В. И., Ревич Ю. В. — УФН, 1985, т. 145, в. 1, с. 51—86.
- [2] Palmethofer L., Cresslehner K. M., Ratschbacher I., Loper-Otero A. — In: Phys. Narrow Gap Semicond. Proc. Linz, Austria, 1981, p. 391—396.
- [3] Chattopadhyay D., Aichman G., Nimtz A. — Sol. St. Commun., 1984, v. 51, N 3, p. 152.
- [4] Тонева А. — Болг. физ. ж., 1981, т. 8, в. 2, с. 152—160.
- [5] Осю М. — Phys. Rev., 1974, v. 10, p. 4274.
- [6] Водопьянов В. Н., Кондратенко М. М. — Изв. вузов СССР, Физика, 1977, № 1, с. 136.
- [7] Горлей П. Н., Шендеровский В. А. — Препринт ИФ АН УССР, № 10. Киев, 1979.
- [8] Горлей П. Н., Заячук Д. М., Старик П. М., Шендеровский В. А. — УФЖ, 1980, т. 25, в. 4, с. 1364—1368.
- [9] Заячук Д. М., Илатовская Г. М., Старик П. М. — ФТП, 1986 т. 20, в. 9, с. 1690—1693.
- [10] Вейс А. Н. — ФТП, 1987, т. 21, в. 2, с. 263—266.
- [11] Сизов Ф. Ф., Орлецкий В. Б., Радченко М. В. — ФТП, 1981, т. 14, в. 21, с. 2117—2122.
- [12] Равич Ю. В., Ефимова Б. А., Смирнова И. А. Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbTe, PbSe, PbS. М., 1967. 484 с.
- [13] Ehrenreich H. J. — Appl. Phys., 1961, v. 32 (Suppl.), p. 2155.
- [14] Oosaka F., Sugano T., Okabe Y., Okada Y. — Japan. J. Appl. Phys., 1976, v. 15, N 12, p. 2374—2380.
- [15] Zawadzki W. — In: Handbook on Semicond. N. Y.—Oxford, 1982, v. 1, p. 713.
- [16] Батыев Э. Г., Пусеп Ю. А. — В кн.: Тр. Республ. коллоквиума по оптике и спектроскопии полупроводников и диэлектриков. Тбилиси, 1984, с. 182—188.

Институт физики полупроводников
СО АН СССР
Новосибирск

Получено 29.10.1987
Принято к печати 18.03.1988

ФТП, том 22, вып. 8, 1988

ИОННО-ЛУЧЕВОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ АМОРФНОГО КРЕМНИЯ, СОДЕРЖАЩЕГО ИЗОВАЛЕНТНУЮ ПРИМЕСЬ ГЕРМАНИЯ

Хохлов А. Ф., Машин А. И., Ершов А. В., Машин Н. И.,
Игнатьева Е. А.

В опубликованных недавно работах [1-3] приводились экспериментальные данные, свидетельствующие о сильном влиянии изовалентной примеси германия на электрофизические свойства аморфного кремния (*a*-Si). Было обнаружено, что присутствие германия в *a*-Si в концентрациях $\sim 10^{18}$ — 10^{20} см⁻³ при-