

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА В СУРЬМЕ И МЫШЬЯКЕ ПРИ ВСЕСТОРОННЕМ СЖАТИИ

Н.Б.Брандт, Н.Я.Микина

1. В последнее время был разработан новый метод определения концентрации носителей тока в полуметаллах, удобный для определения зависимости концентрации носителей тока от давления $N(p)$ [1].

Для компенсированных металлов, форма поверхности Ферми которых близка к эллипсоидальной, справедливо соотношение

$$\frac{2}{\pi e c} \int_0^{\infty} \sigma_{xx}(H) dH = N(q^{(+)} + q^{(-)}),$$

где $\sigma_{xx} = \rho_{xx} / (\rho_{xx}^2 + \rho_{xy}^2)$ – проводимость в базисной плоскости кристалла, ρ_{xx} и ρ_{xy} – измеряемые на опыте компоненты тензора электропроводности, H – магнитное поле, направленное по тригональной оси кристалла, $N = N^{(+)} = N^{(-)}$ – концентрация соответственно дырок или электронов, $q^{(+)}$ и $q^{(-)}$ – некоторые безразмерные параметры (для дырок и электронов). Существенно то, что эти параметры зависят толь-

ко от меры анизотропии тензора подвижностей носителей, причем они довольно устойчивы по отношению к изменению последней. Таким образом, представляется возможным исключить роль подвижностей, и отношение площадей под кривыми $\sigma_{xx}(H)$, измеренными при разных давлениях, будет давать непосредственно зависимость концентрации носителей то-

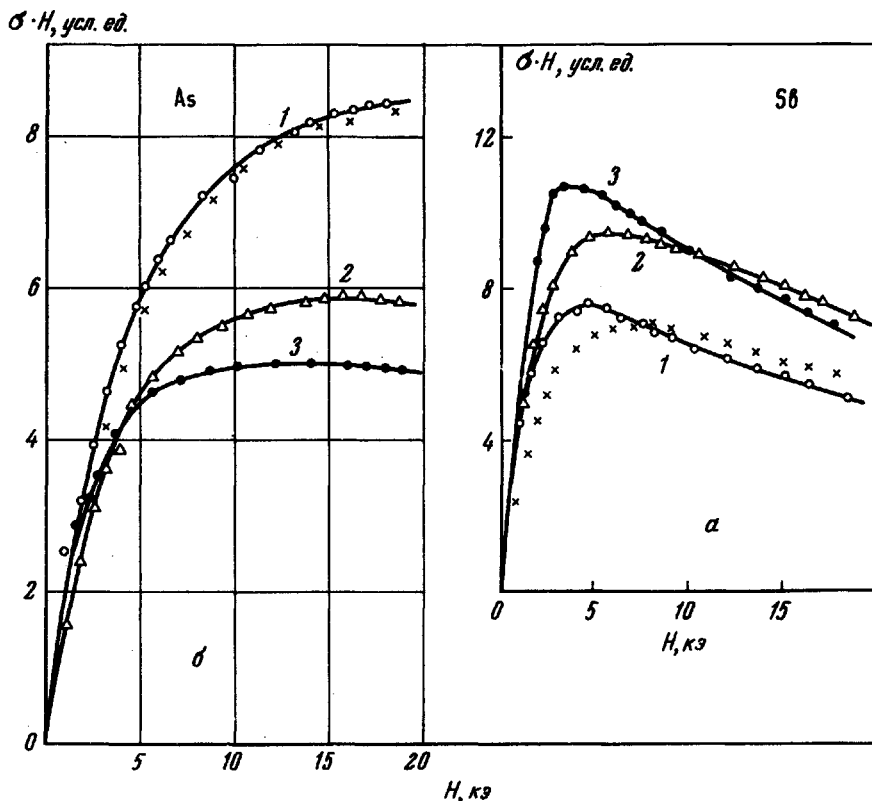


Рис.1. Зависимость $\{\sigma(H)H\}$ от H для Sb и As при давлениях а. — 3 — $p = 27,4$ кбар; 2 — $p = 17,8$ кбар; 1 — $p = 0$ (O — давление 17,8 кбар снято, X — давление 27,4 кбар снято); б — 3 — $p = 29,3$ кбар; 2 — $p = 24,8$ кбар; 1 — $p = 0$ (O — давление 29,3 кбар снято, X — давление 24,8 кбар снято)

ка от давления, $N(p)/N(0) = f(p)$. В тех случаях, когда интеграл $\int_0^\infty \sigma_{xx}(H)dH$ не может быть определен достаточно точно, можно использовать оценочный метод, основанный на том, что зависимость $\{\sigma(H)H\}$ от H должна иметь максимум при некотором значении магнитного поля H_{max} и величина этого максимума пропорциональна N [2].

Специальное исследование возможностей метода [1], проведенное на Bi [2] и графите [3], показало, что он дает хорошее согласие с результатами непосредственного определения изменения объема ферми-поверхностей при сжатии осцилляционными методами. Показано, также, что метод пригоден и для поликристаллов.

2. Так как до настоящего времени в литературе отсутствуют какие-либо экспериментальные данные относительно характера изменения энергетического спектра Sb и As с давлением, представляло интерес использовать новый метод для определения зависимости $N(p)$ у этих металлов. Так как Bi, Sb и As обычно рассматриваются как единая группа полуметаллов с близкими по типу и параметрам кристалли-

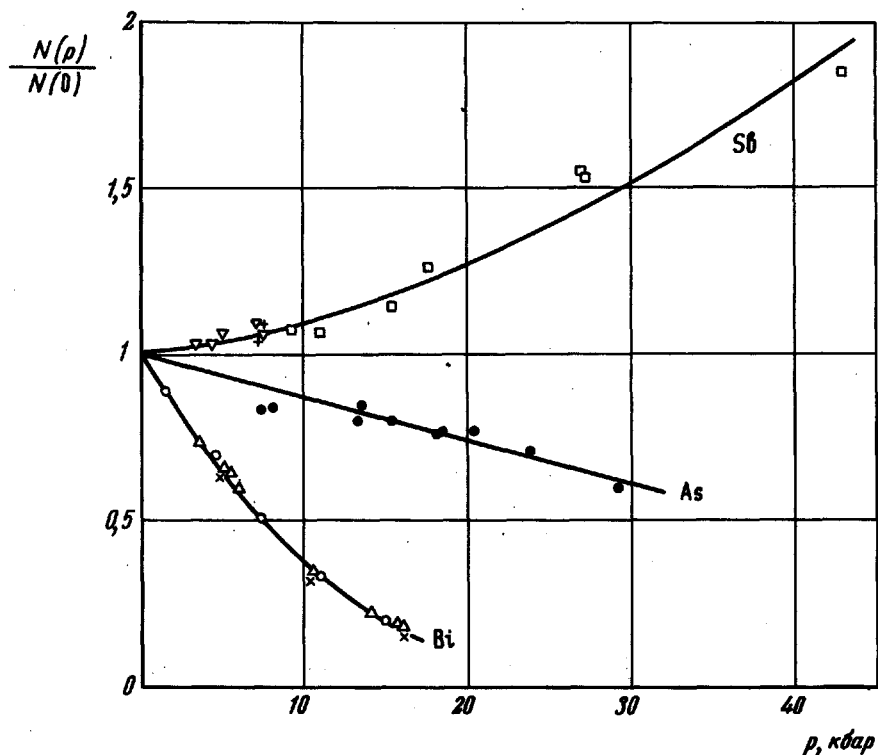


Рис.2. Изменение концентрации $N(p)/N(0)$ носителей тока у Bi, Sb и As с давлением: Sb \square – гидростатические давления ∇ – расчет по $\int \sigma_{xx}(H) dH \sim N(p)$; $+$ – расчет по $\{\sigma(H)H\}_{H=H_{extr}}$; \square – квазигидростатические давления, расчет по $\{\sigma(H)H\}_{H=H_{extr}}$; As \bullet – квазигидростатические давления, расчет по $\{\sigma(H)H\}_{H=H_{extr}}$; Bi Δ – расчет по $\int \sigma(H) dH \sim N(p)$ при гидростатических и квазигидростатических давлениях, \times – расчет по $\{\sigma(H)H\}_{H=H_{extr}}$; \circ – результаты осцилляционных измерений

ческими решетками и общим генезисом энергетического спектра, естественно было ожидать у Sb и As одинаковый с Bi характер изменения концентрации носителей тока с давлением. Эта точка зрения подтвердилась также расчетами Фаликова [4], предсказывавшего у Sb (аналогично Bi) уменьшение величины перекрытия между пятой и шестой зонами с давлением.

3. Измерения $\int \sigma_{xx}(H) dH$ у монокристаллов Sb, проведенные при давлениях до 8 кбар с использованием методики, предложенной в [5], показали, что концентрация носителей тока у Sb, в противоречии с расчетами [4], возрастает с давлением, увеличиваясь при $p = 8$ кбар на $(7 \pm 3)\%$. Вследствии малости эффекта особый интерес представляли измерения при более высоких давлениях. Давления до 43 кбар достигались с помощью методики, описанной в [6], позволяющей получать лишь квазигидростатические давления. Вследствии сильного падения подвижностей носителей тока при негидростатичном сжатии достаточно точное определение $\int \sigma(H) dH$ становится невозможным ($R(H=19\text{к} / R(H=0)) \approx 10$). Поэтому для оценки изменения концентрации носителей тока с давлением использовалась зависимость $\{\sigma(H) N\}$ от H . Обнаружено возрастание величины максимума $\{\sigma(H) N\}_{H=H_{extr}}$ с давлением, что указывает на увеличение концентрации носителей тока при сжатии (рис.1, а). При $p = 43$ кбар отношение $N(p) / N(0) \approx 1,8$. В As, наоборот, аналогично Вi наблюдается падение концентрации носителей тока с давлением (уменьшение с давлением величины $\{\sigma(H) N\}_{H=H_{extr}}$ (см. рис.1, б). Измеренные зависимости $N(p)$ у Sb и As интересно сопоставить с аналогичной зависимостью у Вi (рис.2). Обращает на себя внимание однотипный характер изменения концентрации носителей тока при сжатии у Вi и As и противоположный — у Sb. Интересно также отметить, что эффект давления у Sb и As аномально велик по сравнению с эффектом давления у Вi, так как концентрация носителей тока у As в $7,3 \cdot 10^2$, а у Sb — в $1,85 \cdot 10^2$ раз больше, чем у Вi.

Так как Фаликовым [4] при расчете изменения величины перекрытия зон у Sb при сжатии не учитывалось влияние параметра u , характеризующего смещение подрешеток, можно думать, что изменение именно этого параметра у Sb является определяющим.

В заключение нам хотелось бы выразить признательность Ю.А.Поспелову за ценные дискуссии, а также Е.И.Скидану и Н.А.Микрокуовой за помощь в измерениях.

Физический факультет
Московского
государственного университета
им. М.В.Ломоносова

Поступило в редакцию
19 января 1968 г.

Литература

- [1] Ю.А.Поспелов. ФТТ, 9, 589, 1967.
- [2] Н.Б.Брандт, Н.Я.Минина, Ю.А.Поспелов. ФТТ, 10, 1268, 1968. Н.Б.Брандт, Н.Я.Минина, Ю.А.Поспелов. Тезисы докладов, представленных на XIV Всесоюзное совещание по физике низких температур, 63, 1967, Харьков.
- [3] В.В.Кечин, А.И.Лихтер, Г.И.Степанов. ФТТ, 10, № 4, 1968.
- [4] L.M.Falicov. Proceedings of the First International Conference on the Physics of Solids at High Pressures, p. 30, 1965, Arizona USA.

[5] Е.С.Ицкевич. ПТЭ, № 4, 148, 1963.

[6] Н.Б.Брандт, Д.Балла. ПТЭ, № 6, 135, 1962.