

## КВАНТОВАЯ ОСЦИЛЛАЦИЯ ТЕРМОЭДС $n$ -InAs

М.С.Бреслер, Н.А.Релько, С.С.Шалыт

В настоящей работе показано, что квантование энергетического спектра электронов вырожденного ( $\mu/k_b T \gg 1$ ) арсенида индия, помещенного в сильное поперечное магнитное поле ( $\mu H/c \gg 1$ ), проявляется при низких температурах ( $k_b T \ll \hbar\Omega$ ) в осциллирующей зависимости термоэдс от напряженности магнитного поля  $H$  ( $\mu$  - подвижность,  $\mu$  - химический потенциал,  $\Omega = eH/m^*c$  - циклотронная частота). Кроме того, в настоящей работе выяснены некоторые дополнительные детали происходящей при этом квантовой осцилляции коэффициента Холла. Среди полупроводников квантовая осцилляция термоэдс наблюдалась до сих пор только у  $n$ -InSb [1].

Ранее в ряде работ осциллирующая зависимость от поля была наблюдана при исследовании магнетосопротивления и коэффициента Холла  $n$ -InAs. Детальное обсуждение этих результатов проведено в работе [2]. Согласно теоретическим представлениям физические условия, определяющие осцилляцию магнетосопротивления, значительно отличаются от условий, определяющих осцилляцию термоэдс в сильном поперечном поле. Первое явление возникает в основном благодаря некоторым особенностям в рассеянии электронов, в то время как осцилляция термоэдс является простым следствием периодического изменения равновесных термодинамических величин [3]. Однако виду того, что квантовые осцилляции обусловлены одной причиной - периодическим изменением функции плотности состояний, период квантовых осцилляций различных равновесных и неравновесных коэффициентов должен, согласно теории, в простейшем случае (сферическая зона, упругое изотропное рассеяние, без учета спинового расщепления) определяться концентрацией электронов  $n$  [1]:

$$\Delta \left( \frac{1}{H} \right) = \frac{2e}{\hbar c} \left( 3\pi^2 n \right)^{-2/3} = \frac{3,2 \cdot 10^6}{n^{2/3}} \text{ э}^{-1}. \quad (I)$$

При обсуждении экспериментальных результатов исследования осцилляции термоэдс представляет интерес не только определить ее период, но и сопоставить кривые магнетосопротивления и термоэдс для выявления фазовых соотношений, так как в термоэдс  $n$ -InAs заметно сказывается эффект увлечения.

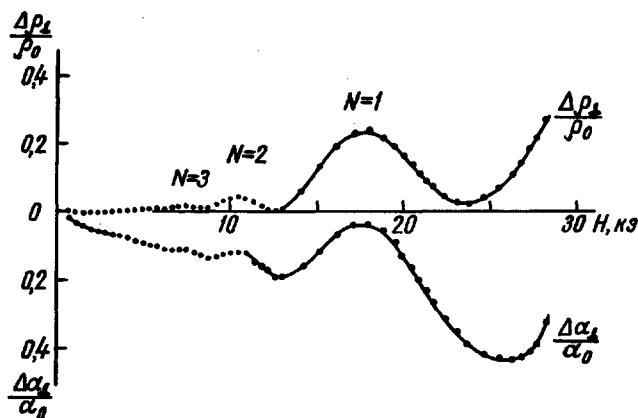


Рис. I. Зависимость магнетосопротивления ( $\Delta\rho_1/\rho_0$ ) и магнетотермоэдс ( $\Delta\alpha_1/\alpha_0$ )

от напряженности поперечного магнитного поля для поликристаллического образца  $n$ -InAs ( $2,0 \times 2,8 \times 50$  мм) с концентрацией  $2,4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$  и подвижностью  $2 \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{всек}$  при  $T \approx 4^\circ\text{K}$

На рис. I эти кривые сопоставлены. Видно, что максимумы обеих кривых на шкале магнитного поля совпадают, образуя периодичность  $\Delta(1/H) = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ э}^{-1}$ , хорошо согласующуюся с теоретической оценкой:  $\Delta(1/H) = 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ э}^{-1}$ . Действие эффекта увлечения проявляется в величине термоэдс без поля: при изотропном рассеянии на ионизованных примесях коэффициент термоэдс исследованного образца должен был составлять  $\alpha_0 = 21 \text{ мкв/град}$ , в то время как на опыте получилось  $\alpha_0 = 56 \text{ мкв/град}$ . Согласно теории и опытным данным действие эффекта увлечения с возрастанием поля должно усиливаться.

При исследовании коэффициента Холла  $n$ -InSb обнаружилась большая осцилляция этого коэффициента вблизи кулевого максимума по-

перечного магнетосопротивления [4]. Так как выяснение природы этой осцилляции представляет теоретический интерес, то и для  $n$ -InAs было проведено исследование этого коэффициента в области нулевого

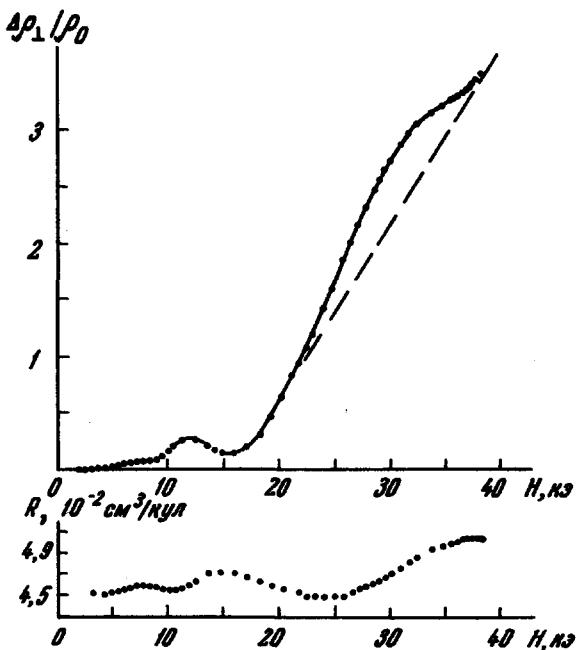


Рис. 2. Зависимость поперечного магнетосопротивления и коэффициента Холла от напряженности поля для поликристаллического образца  $n$ -InAs ( $2 \times 2 \times 15$ мм) с концентрацией  $1,4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$  при  $T=1,4^{\circ}\text{K}$ . Пунктиром показан предполагаемый гладкий фон магнетосопротивления

максимума поперечного магнетосопротивления. Из рис. 2 видно, что и у  $n$ -InAs коэффициент Холла вблизи нулевого максимума  $\Delta\rho_1/\rho_0$  ( $H > 30$  кз) обнаруживает такую же (12%) осцилляцию, как в случае  $n$ -InSb. Два других максимума на кривой  $R(H)$  (при  $H = 15$  и 8 кз) меньшей амплитуды выявляются вполне отчетливо, обнаруживая значительный фазовый сдвиг кривой  $R(H)$  относительно кривой магнетосопротивления [5].

Выражаем благодарность Р.В.Парфеньеву и В.М.Муждабе за помощь  
в проведении исследования и обсуждение результатов.

Институт полупроводников

Поступило в редакцию

Академии наук СССР

29 октября 1965 г.

Ленинград

Литература

- [1] С.С.Шалыт, Р.В.Парфеньев, М.С.Бреслер. ЖЭТФ, 48, 1212, 1965.
- [2] С.С.Шалыт, А.Л.Эйрос. ФТТ, 4, 1233, 1962.
- [3] Ю.Н.Образцов. ФТТ, 7, 573, 1965.
- [4] С.Т.Павлов, Р.В.Парфеньев, Ю.А.Фирсов, С.С.Шалыт. ЖЭТФ, 48, 1565, 1965; R.A.Isaacson, M.Weger. Bull. Amer. Phys. Soc., 9, 736, 1964.
- [5] L.G. Hyman, L.Siklossy. Phys. Rev., 139, IA, 271, 1965.