

СПИНМАГНИТОФОНОННЫЕ И МАГНИТОФОНОННЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ

МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЯ В $n\text{-InAs}$

М.М.Аксельрод, И.М.Цидильковский

Ранее [1,2] теоретически и экспериментально (для $n\text{-InSb}$) было показано, что неупругое резонансное рассеяние электронов на оптических фоновых с изменением ориентации спина (спин-магнитофононный резонанс - СМР) обуславливает появление осцилляций поперечного (ρ_{xx}) и продольного (ρ_{xx}) магнитосопротивлений. Условие резонанса имеет вид:

$$\epsilon_{N,S} - \epsilon_{k,S'} = \hbar\omega_0, \quad S \neq S', \quad (I)$$

где $\epsilon_{N,S}$ - энергия N -го уровня Ландау с данным значением спина, ω_0 - предельная частота оптического фоновая, $S, S' = \pm 1/2$. При $S = S'$ уравнение (I) описывает условия магнитофононного резонанса (МФР) [3].

Обнаруженный в $n\text{-InAs}$ минимум ρ_{xx} при ~ 160 кгс [4,5] связывался либо с СМР переходами $\varepsilon_{0,-} \rightarrow \varepsilon_{0,+}$, либо с комбинированными переходами $\varepsilon_{0,+} \rightarrow \varepsilon_{1,-}$ [5]. В обоих случаях найденное с учетом непараболичности зоны проводимости значение g -фактора на дне зоны $|g_0| = 30 + 40$ плохо согласуется с теоретическим значением $|g_0| = 18$, вычисленным по формуле Рот [6]. Этой величине g_0 соответствует поля ~ 500 кгс.

Предпринятые исследования продольного магнитосопротивления на монокристаллическом $n\text{-InAs}$ с $n = 2,2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ при 300°K показали, что ρ_{xx} действительно имеет минимум, расположенный при 480 кгс (рис.1). Если принять, что этот минимум вызван резонансными переходами $\varepsilon_{0,-} \rightarrow \varepsilon_{0,+}$, то найденное из уравнения (1) значение $|g_0| = 19$ хорошо согласуется с теоретическим.

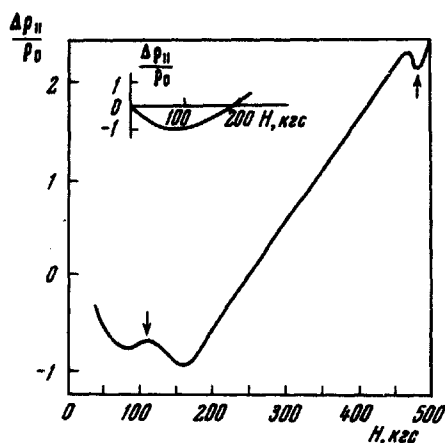


Рис. 1. Зависимость ρ_{xx} $n\text{-InAs}$ от H при 300°K (нижняя кривая) и 83°K (верхняя кривая) в произвольных единицах

Исследовано также поперечное магнитосопротивление в интервале температур $250 - 330^\circ\text{K}$. Для лучшего выявления немонотонной зависимости ρ_{xx} от магнитного поля H на входе регистрирующей системы из общего сигнала вычиталось линейно зависящее от H напряжение $U = vH$ ($v = \text{const}$). С этой же целью сигнал дважды дифференцировался по времени. Но так как $d^2\rho_{xx}/dt^2 \neq d^2\rho_{xx}/dH^2$, то последний метод дает лишь сведения о наличии экстремума, но не о его точном положении.

Как видно из рис. 2, а ρ_{xx} имеет максимум при 76 кгс. Рис. 2, б подтверждает наличие максимума в этой области и максимума при

~ 30 кгс. Максимум при 76 кгс соответствует МЭР-переходам $\varepsilon_{0-} \rightarrow \varepsilon_{1-}$. С этими же переходами естественно было бы связать и минимум ρ_{xx} при 78 кгс (рис.1). Но при 300°К и 76 кгс параметр Γ^{-1} , характеризующий вклад рассеяния на оптических фононах, равен ≈ 30 , и согласно Гуревичу и Фирсову [7], ρ_{xx} должно иметь максимум. Наблюдающийся максимум ρ_{xx} расположен при 110 кгс (рис.1). Такое смещение максимума ρ_{xx} по отношению к резонансному значению H можно объяснить следующим образом. При 300°К для $InAs$ $kT/\hbar\omega = 0,85$. Анализ показывает, что в случае чисто оптического рассеяния положение максимума ρ_{xx} точно соответствует уравнению (1) лишь при $kT \ll \hbar\omega_0$, а при $kT/\hbar\omega_0 = 1/2$ максимум ρ_{xx} может сместиться в сторону

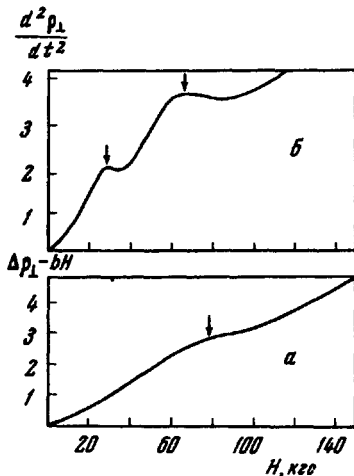


Рис.2. Зависимость ρ_{xx} n - $InAs$ ($n = 2,2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$) от H при 300°К в произвольных единицах

больших полей на 10%. С увеличением температуры это смещение может достигнуть 50%. Кроме того, наличие нерезонансного рассеяния также может обусловить смещение максимума ρ_{xx} от резонансного положения на $\Delta H \approx \pm kT m^* / 2\mu_B m$ (μ_B - магнетон Бора). Возможно, что именно этим, т.е. изменением вклада различных механизмов рассеяния, объясняется небольшой сдвиг максимума ρ_{xx} в сторону больших полей при понижении температуры [4,5]. При $T \leq 100^\circ\text{K}$, когда вклад оптического рассеяния становится малым, максимум ρ_{xx} исчезает (рис.1).

В области $\hbar\omega \sim kT$ ρ_{xx} имеет отрицательный участок в виде широкого минимума (рис.1). Поэтому наличие МЭР максимума при 110 кгс

приводит к появлению двух минимумов при ~ 78 и ~ 160 кгс, не связанных с резонансным рассеянием.

Сопоставлять максимум $\rho_{\text{ЭК}}$ при 110 кгс (МР-переходу $\varepsilon_{0,+} \rightarrow \varepsilon_{1,-}$, по-видимому, нельзя, так как при 300°K и при 110 кгс расщепление уровней Ландау $g\mu_B H$ составляет лишь $\sim 0,3$ кГ.

Институт физики металлов
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
10 июня 1966 г.

Литература

- [1] И.М.Цидильковский, М.М.Аксельрод, В.И.Соколов. Физ. твердого тела, 7, 316, 1965.
- [2] J.M.Tsidilkovski, M.M.Akselrod, S.J.Uritsky. Phys. Stat.Sol., 12, 667, 1965.
- [3] В.Л.Гуревич, В.А.Фирсов. ЭТФ, 40, 199, 1961.
- [4] М.М.Аксельрод, В.И.Соколов, J.M.Tsidilkovski, Phys.Stat.Sol. 8, 15, 1965.
- [5] Д.В.Машовец, Р.В.Парфеньев, С.С.Шалит. Письма ЭТФ, 1, вып. 3,2, 1965.
- [6] L.Roth, B.Lax, S.Zwerdling. Phys.Rev., 114, 90, 1959.
- [7] В.Л.Гуревич, В.А.Фирсов. ЭТФ, 47, 734, 1964.