

МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ В КРИСТАЛЛАХ
АНТИМОНИДА ИНДИЯ

М.И.АЛИЕВ, А.З.ДАИБОВ, ДЖ.Г.АСАДОВ

Институт Физики АН Азербайджана,
Баку-143, пр. Г.Джавида, 33.

Исследовано магнитосопротивление в электронных кристаллах антимонида индия в интервале температур 283-400 К с концентрациями мелких доноров от $5,6 \cdot 10^{13}$ до $2,6 \cdot 10^{18}$ см⁻³ как в слабых, так и в сильных магнитных полях (300 Э - 10,7 кЭ). Полученные результаты сравниваются с теорией, учитывающей испаряемость зоны проводимости.

Исследованию электрических и гальваномагнитных свойств InSb посвящено множество работ, например [1-8]. В работе [1] изучена зависимость коэффициента Холла и сопротивления от напряженности магнитного поля в InSb n-типа с концентрациями доноров около $1,7 \cdot 10^{14}$ см⁻³ в интервале температур от 50 до 200 К и показана, что в магнитных полях 50-500 кЭ

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_0} \sim H^2, \text{ а при } H \geq 500 \text{ Э } \frac{\Delta\rho}{\rho_0} \sim H. \text{ Наблюденная}$$

линейная зависимость была объяснена достижением квантового предела, который исследованиями других авторов [2] не был подтвержден. В работе [3] было сообщено, что при напряженностях поля больше 15 кЭ магнитосопротивление в образце с концентрациями электронов $2,15 \cdot 10^{14}$ см⁻³ при 77 К пропорционален $H^{0,9}$. Агаев А. и

Мосанов О. [4] исследовали зависимость $\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$ от

H в образцах с концентрациями электронов $(1,6-1,8) \cdot 10^{14}$ см⁻³ в магнитных полях до 20 кЭ при температурах от комнатных до 675 К и показа-

ли, что магнитосопротивление $\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$ и в слабых

и в сильных полях пропорционально H^2 . В работе [5] теоретически исследовано магнитосопротивление антимонида индия и показано, что

в слабых магнитных полях $\frac{\Delta\rho}{\rho_0} \sim H^2$, а в силь-

ных $\frac{\Delta\rho}{\rho_0} \sim H^2/(1+aH^2)$, где a - некоторая величина

зависящая от механизма рассеяния.

Как видно, результаты этих и других работ [6-8] друг с другом не согласуются и зависимость магнитосопротивления от магнитного поля носит дискуссионный характер. Поэтому настоящая работа посвящена исследованию магнитосопротивления в кристаллах n - InSb в интервале температур 283-400 К и в магнитных полях от 300 Э до 10,7 кЭ.

Значения концентраций исследованных образцов антимонида индия при 77 К приведены в таблице:

№ образ.	3	5	8	11	13	14	15	16
n, см ⁻³	$5,6 \cdot 10^{13}$	$1,04 \cdot 10^{14}$	$3,88 \cdot 10^{14}$	$7,53 \cdot 10^{15}$	$3,3 \cdot 10^{16}$	$1,81 \cdot 10^{17}$	$7,13 \cdot 10^{17}$	$2,6 \cdot 10^{18}$

Из-за большого значения подвижностей для образцов № 3 ($\mu=8,08 \cdot 10^4$ см²/В сек) и № 5 ($\mu=6,06 \cdot 10^4$ см²/В сек) магнитные поля выше 3 кЭ оказываются сильными, с ростом концентрации носителей заряда область слабых полей растет и для образца № 15 магнитные поля до 9 кЭ при 400 К являются уже слабыми ($\mu=1,31 \cdot 10^4$ см²/В сек). Для образца № 16 во всем указанном интервале магнитного поля $\left(\frac{\mu H}{c} \ll 1\right)$ ($\mu=512,55$ см²/В сек при 283 К).

На рисунках (1), (2) и (3) приведены зависимости $\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$ от H для образцов № 5 и №16.

Как видно из этих рисунков, в области слабых полей магнитосопротивление имеет квадра-

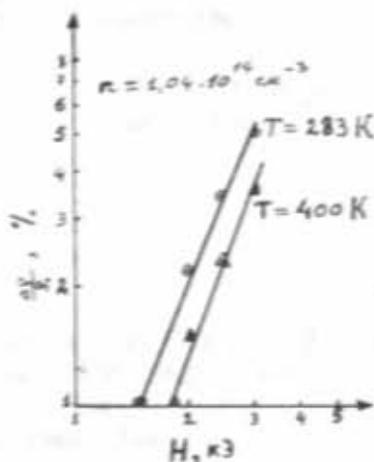


Рис. 1. Зависимость магнитосопротивления от магнитного поля для кристалла №5 в области слабых полей при температурах 283К (○) и 400К (Δ).

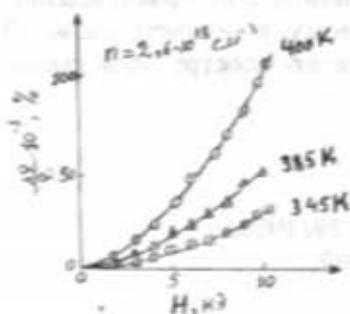


Рис. 2. Зависимость магнитосопротивления от магнитного поля для кристалла № 16 при температурах 345 К (ω), 383 К (Δ) и 400 К (○).

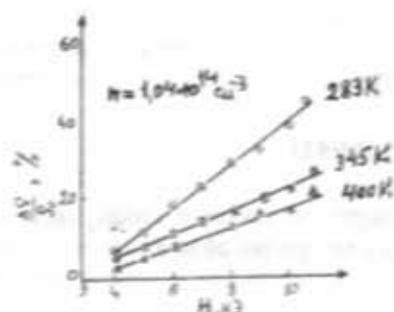


Рис. 3. Зависимость магнитосопротивления от магнитного поля для кристалла № 5 в области сильных полей.

тичный характер $\frac{\Delta\rho}{\rho_0} \sim H^2$, а в области сильных

полей $\frac{\Delta\rho}{\rho_0} \sim H$. В слаболегированных образцах с

повышением температуры относительное изменение сопротивления уменьшается, а в сильнолегированных образцах, наоборот, увеличивается. При температуре 283 К и магнитных полях до 10,7 кЭ $\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$ изменяется в пределах от 1 % до

70 % в образце № 3, а в образце № 16 от 0,13 % до 0,44 %.

Известно, что сопротивление в магнитном поле

$$\rho(H) = \frac{\sigma_{11}}{\sigma_{11}^2 + \sigma_{12}^2} \quad (1)$$

где σ_{11} и σ_{12} компоненты тензора электропроводности. С учетом непараболичности энергетических зон в работе [5] показано, что в антимониде индия в слабых магнитных полях

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_0} = \left(\frac{uH}{c}\right)^2 A \quad (2)$$

где

$$A = \left[J_{3/2,0}^0 \right]^2 \cdot \left[J_{r,1,2}^0 \right]^{-4} \cdot \left[J_{r,1,2}^0 J_{3r,6}^0 - \left(J_{2r,1/2}^0 \right)^2 \right]$$

$J_{n,k}^m$ - двухпараметричный интеграл Ферми.

g - параметр рассеяния.

Если учесть выражения для концентрации и подвижности в случае InSb, то при рассеянии на оптических фононах

$$A \sim \frac{T}{n^2} \left[J_{2,2}^0 J_{3,6}^0 - \left[J_{3/2,4}^0 \right]^2 \right] \quad (3)$$

а при рассеянии на ионах примеси

$$A \sim \frac{T^3}{n^2} \left[J_{3,2}^0 J_{6,6}^0 - \left[J_{3/2,4}^0 \right]^2 \right] \quad (4)$$

Как показано в работе [9] в образцах № 3, № 5, № 8 и № 11 доминирующую роль в рассеянии электронов играют оптические фононы, в образцах № 13, № 14 и № 15 - оптические фононы и ионы примеси, а в образце № 16 (сильнолегированный кристалл) - ионы примеси. В образцах № 3- № 15 с ростом температуры концентрация носителей заряда сильно увеличивается. В следствие этого значение A согласно (3) уменьшается (так как знаменатель в выражении A увеличивается быстрее, чем числитель), соответственно уменьшается и подвижность. По-

этому $\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$ тоже уменьшается, оставаясь пропор-

циональным H . В образце № 16 концентрация электронов с увеличением температуры очень мало меняется, например, при 283 К $n=2,99 \cdot 10^{18}$ см⁻³, а при 313 К $n=3,02 \cdot 10^{18}$ см⁻³. Поэтому согласно (4) в выражение A числитель увеличивается быстрее чем знаменатель, значит и $\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$

увеличивается. При этом увеличение значения подвижности (от 1621,2 см²/В сек при 283 К до 1722, 2 см²/В сек при 400 К) тоже приводит к увеличению магнитосопротивления.

Рассмотрим сопротивление в случае сильных полей. В этом случае подставляя выражения для σ_{11} и σ_{12} из [5] в (1) получим:

$$\rho(H) = \frac{3\pi^2 m_n^3 h^3}{c^2 (2m_n k_0 T)^{3/2}} \cdot \frac{J_{2-r,2}^0}{\tau_{or}} \cdot \frac{\Omega^2 \tau_{or}^2}{\left[J_{2-r,2}^0 \right]^2 + \left[J_{3/2,0}^0 \right]^2 \cdot \Omega^2 \tau_{or}^2}$$

Как видно из этого выражения зависимость магнитосопротивления от магнитного поля не линейна и не квадратична, в то время, как эксперименты дают линейную зависимость от H (рис.3).

Таким образом, наши экспериментальные результаты согласуются с теорией [5], учитывающей кейновский спектр в антимониде индия в случае слабых полей. В случае же сильных магнитных полей теория не соответствует

полученным экспериментальным результатам. Главная причина этого расхождения заключается, по видимому, в неучете сложной структуры энергетического спектра электронов антимонида индия.

1. R.Bate, R.K.Willardson, A.S.Beer, Journ. Phys. Chem. Solids, 9, 119, 1959.
2. К.Хилсум, А.Роуз-Инс. Полупроводники типа А В, М, 323, 1963.
3. R.J.Sladek, Phys. Rev., 110,817,1958.
4. Я.Агаев, О.Мосанов, ФТТ, т.6, в5, 1964.
5. Б.М.Аскеров, Кинетические эффекты в полупроводниках, Л., Наука, 303, 1971.
6. С.Н.Champness, Journ. Electronics, 4, 201, 1958.
7. H.J.Hrostovski, Phys.Rev., 100, 1672, 1955.
8. G.Busch, Phys. acta, 34, 1-28, 1961.
9. М.И.Алиев, А.З.Даилов, Дж.Г.Асадов, Fizika, т.3, № 7, 1997.

M.I.ƏLİYEV, Ə.Z.DAİBOV, S.H.ƏSƏDOV

n-InSb KRİSTALLARINDA MAQNİT MÜQAVİMƏTİ

n-InSb Kristallarında həm zəif, həm də güclü maqnit sahələrində maqnit müqaviməti tədqiq edilmişdir. Alman nəticələr keçirici zonanın qeyri-parabolikliyini nəzərə alan nəzəriyyə ilə müqayisə olunur.

M.I.ALIYEV, A.Z.DAIBOV, J.H.ASADOV

MAGNETORESISTANCE IN CRYSTALS OF ANTIMONIDE INDIUM

It was investigated magnetoresistance in crystals of antimonide indium in temperature range 283-400 K with electrons concentration at 77 K $5,60 \cdot 10^{13}$ to $2,6 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ in both weak $\left(\frac{uH}{c} \ll 1\right)$ and strong $\left(\frac{uH}{c} \gg 1\right)$ magnetic fields. The results obtained are compared with the theory taking into consideration nonparabolicity of conduction band.

Дата поступления: 31.01.97

Редактор: С.А.Алиев.