

ПОДВИЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОНОВ В КРИСТАЛЛАХ N-INSB

М.И.АЛИЕВ, А.З.ДАИБОВ, ДЖ.Г.АСАДОВ

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

Исследована холловская подвижность электронов в кристаллах антимонида индия в интервале температур 283-400 К и магнитных полях до 11 кЭ. Концентрации электронов при 77 К составляют  $5,6 \cdot 10^{13} + 2,6 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ . Полученные результаты сравниваются с теорией, учитывающей непараболичность зоны проводимости.

Подвижность электронов вычислена при рассеянии на оптических, акустических фононах и ионах примеси.

Галаванов с сотрудниками установили, что в p-InSb рассеяние на акустических колебаниях решетки при значении потенциала деформации 7,2 эВ не играет большой роли, хотя указано, что в интервале температур 77-773 К рассеяние электронов носит смешанный характер, т.е. рассеяние на оптических, акустических фононах и на ионах примеси [1-3]. В работах [4] и [5] установлена заметная роль акустических колебаний в интервале концентрации  $3 \cdot 10^{17} - 6 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  и

$2 \cdot 10^{16} - 1,24 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ , соответственно, выше комнатных температур.

Однако, несмотря на многочисленные исследования этих и других авторов механизм рассеяния электронов в p-InSb окончательно не выяснен. Данная работа была посвящена выяснению механизма рассеяния электронов в p-InSb при их концентрациях в широкой области значений от  $1,52 \cdot 10^{16}$  до  $2,00 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  в интервале температур 283-400 К.

Образцы имели следующие значения концентрации при 77 К.

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

Набор образцов с широким интервалом концентрации носителей тока позволяет получить достоверную информацию о механизме рассеяния. При этом весьма важно провести сравнение экспериментальных данных с теоретическими значениями.

В работе [5] с учетом непараболичности энергетических зон в случае антимонида индия для подвижностей электронов получены следующие зависимости:

в случае рассеяния электронов на оптических фононах решетки

$$u_{\text{оп}} = \frac{2}{3} \frac{M \Omega_0^2 k_0 T}{\hbar c^3 \pi^2 n} J_{1,2}^0(\eta, \beta)$$

эта формула справедлива при температурах  $T \geq \theta$

где  $\theta$  - температура Дебая.  $\theta = 220 \text{ К}$  [8].

А в случае рассеяния на акустических фононах

$$u_{\text{ак}} = \frac{\hbar}{3\pi^2} \frac{c v_c^2}{E_1^2} \frac{1}{m_n n} J_{1,2}^0(\eta, \beta)$$

В работе [7] с учетом непараболичности и экранировки была получена следующая формула для расчета подвижности при рассеянии на ионах примеси

$$u_1 = \frac{2e^2 (k_0 T)^{3/2}}{\pi m_n^{1/2} e^3 N_i F} \frac{J_{3,2}^0(\eta, \beta)}{J_{1,2}^0(\eta, \beta)}$$

В этих формулах

$J_{k,n}^0(\eta, \beta)$  - двухпараметричный интервал Ферми

$\eta = \frac{\mu}{k_0 T}$  - приведенный уровень Ферми

$\beta = \frac{k_0 T}{\epsilon_g}$  - параметр непараболичности.

Граничная энергия заполнения зоны, соответствующая заданной концентрации, вычислена по формуле (7)

$$\mu = \frac{\epsilon_g}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{2\hbar^2}{m_n \epsilon_g} (3\pi^2 n)^{2/3}} - 1 \right]$$

Концентрация электронов n определена по экспериментальным значениям коэффициента Холла R, а подвижность -  $u_{\text{эк}} = R\sigma$ , где  $\sigma$  - удельная электропроводность. Вычисленные значения параметра непараболичности находится в пределах 0,14-0,20. Таблицы интервалов Ферми  $J_{1/2-1}^0(\eta, \beta)$ ,  $J_{1,2}^0(\eta, \beta)$ ,  $J_{3/2,2}^0(\eta, \beta)$ ,  $J_{3,2}^0(\eta, \beta)$  были составлены с помощью ЭВМ и были использованы при вычислении значений подвижности для различных механизмов рассеяния.

Для образцов № 5, № 16 в интервале температур 283-400 К получили следующие экспери-

ментальные и вычисленные по формуле Колодзейчака [5] значения подвижности электронов

T, K	283	345	400
$\mu_{\text{те}} \cdot 10^4, \text{ см}^2/\text{Всек}$	6,06	4,35	3,51
$\mu_{\text{те}} \cdot 10^4, \text{ см}^2/\text{Всек}$	7,15	4,95	4,03
$\mu_{\text{те}} \cdot 10^4, \text{ см}^2/\text{Всек}$	7,14	5,45	4,45
$\mu_{\text{т}} \cdot 10^5, \text{ см}^2/\text{Всек}$	2,95	6,12	8,21

T, K	283	313	400
$\mu_{\text{те}}, \text{ см}^2/\text{Всек}$	1621,2	1680,3	1722,2
$\mu_{\text{т}}, \text{ см}^2/\text{Всек}$	1843,4	2015,2	2340,0
$\mu_{\text{те}}, \text{ см}^2/\text{Всек}$	$6,20 \cdot 10^4$	$4,16 \cdot 10^4$	$3,01 \cdot 10^4$
$\mu_{\text{т}}, \text{ см}^2/\text{Всек}$	$1,92 \cdot 10^5$	$8,81 \cdot 10^4$	$6,03 \cdot 10^4$

На рис.1 приведены зависимости подвижности электронов от температуры для образца № 5. Эти результаты показывают, что в этом образце основную роль в рассеянии электронов в данной области температур играют оптические фононы. Аналогичное поведение подвижности получается и для образцов №8, №11 и №13.

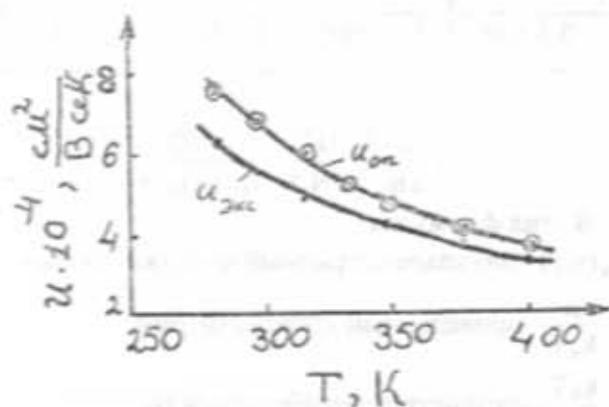


Рис.1. Зависимость подвижности электронов от температуры для образца № 5.

Результаты исследований в сильно легированных образцах антимонида индия ( $n \geq 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ) показывают, что в рассеянии доминирующую роль играют ионы примеси, как например в образце № 16.

На рис.2 представлена зависимость подвижности электронов от температуры для образца

№ 16. Зависимости подвижности от концентрации при 283 К для всех образцов представлены на рис. 3.

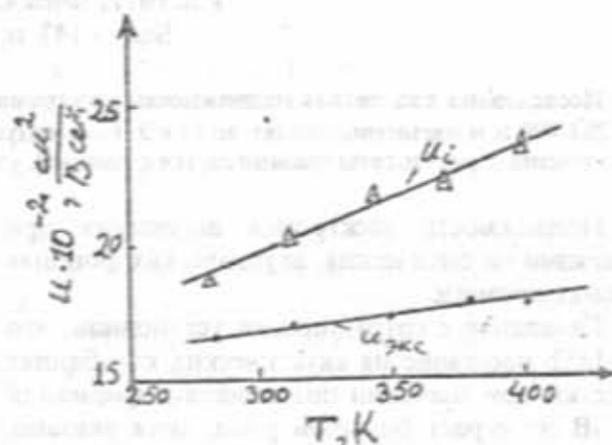


Рис.2. Зависимость подвижности от температуры для образца № 16.

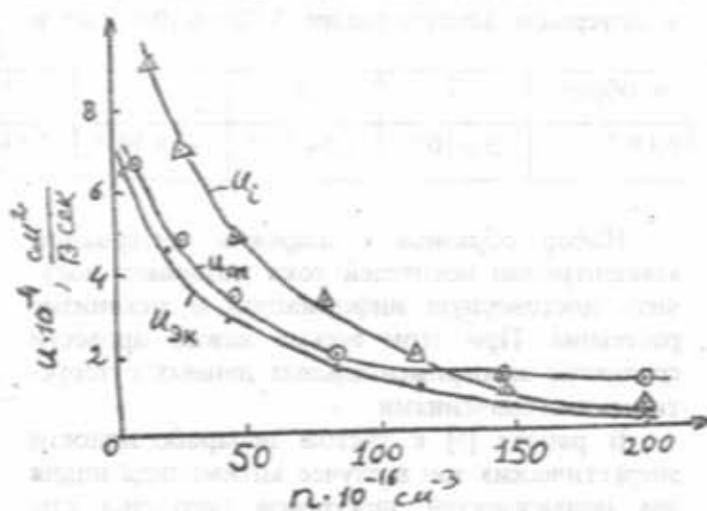


Рис.3. Концентрационная зависимость подвижности при 283 К.

Таким образом, в процессе рассеяния при низких концентрациях основную роль играют оптические фононы. При концентрациях приблизительно  $1,00 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  и выше оптические фононы и ионы примеси, а в случае сильного легирования преимущественно ионы примеси, а вклад рассеяния на акустических колебаниях при этом слишком мал.

1. В.В.Галаванов, Д.Н.Наследов и А.С.Филипченко. ФТТ 6, № 9, 2463, 1964.
2. В.В.Галаванов, Д.Н.Наследов и А.С.Филипченко. ФТТ 8, № 11, 244, 1966.
3. В.В.Галаванов, Д.Н.Наследов и А.С.Филипченко. ФТТ 6, № 11, 3471, 1964.
4. I.M.Tsidilcovsky, Phys. Stat. Sol. v.8, 253, 1965.
5. J.Kolodziejczak, Acta Physica Polonica, 20, 379, 1961.
6. E.Naga, H.Kimura. J.Phys. Soc. Japan, v.18, 777, 1963.
7. Б.М.Аскеров "Кинетические эффекты в полупроводниках". Л., 303, 1970.
8. О.Маделунг "Физика полупроводниковых соединений элементов III и V групп", М., 477, 1967.

