

**К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОНЦЕНТРАЦИИ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА  
ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИСКА,  
НАХОДЯЩЕГОСЯ В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

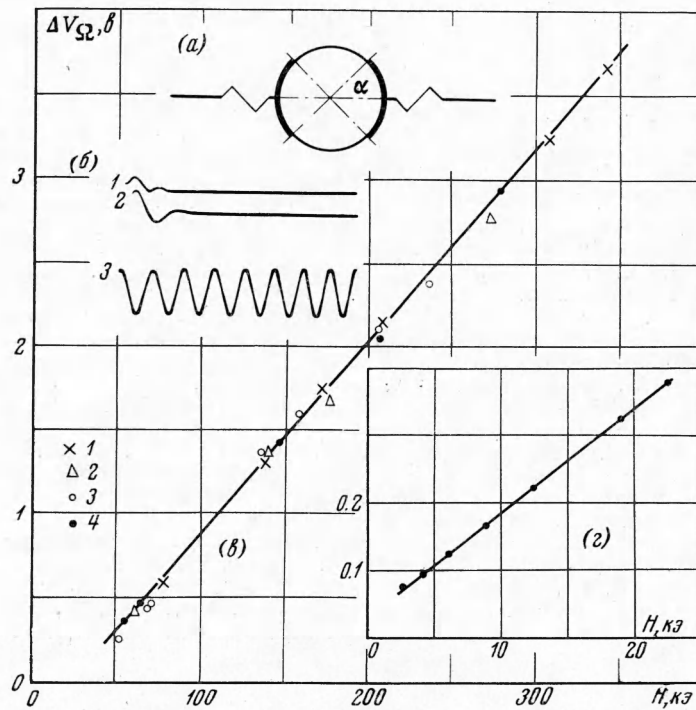
**И. М. Курило**

(Киев)

В работе [1] для конкретного случая примесной проводимости при решении краевой задачи Римана — Гильберта найдены распределения потенциалов и токов в изотермической изотропно проводящей полупроводниковой пластинке круглой формы. Там же показано, что общее выражение для полного сопротивления  $\Omega(H)$  исследуемого двухполюсника, находящегося в сильном магнитном поле ( $\mu H / c \gg 1$ ), может быть сильно упрощено тогда, когда раствор симметрично расположенных электродов составляет угол  $90^\circ$ . При таком расположении токовых электродов (фигура, а) общее выражение  $\Omega(H)$  (не зависящее от радиуса диска) может быть представлено в виде

$$\Omega(n, e, h, H) = \Omega_0 + \Delta\Omega \approx \frac{H}{enhc} = R_\infty \frac{H}{h}, \quad \left( R_\infty = \frac{1}{enc} \right) \quad (1)$$

Здесь  $h$  — толщина диска,  $\Omega_0$  — сопротивление полупроводникового диска в отсутствие  $H$ ,  $R_\infty$  — коэффициент Холла при  $H \rightarrow \infty$ .



Фиг. 1

Измеряя в области сильных магнитных полей ( $\mu H / c \gg 1$ ) зависимости  $\Omega = f(H)$  на образцах круглой формы, можно, как видно из выражения (1), непосредственно из наклона экспериментальных прямых  $d\Omega / dH = R_\infty / h$  определять значения  $R_\infty$ , свободные от неопределенностей, связанных с холл-фактором. Поэтому определяемые из наклона прямых  $\Omega = f(H)$  значения  $R_\infty$  могут быть использованы для точного определения концентрации носителей тока в полупроводнике. Точные значения коэффициента Холла, соответствующие значениям  $R_\infty$ , как было показано в работе [2], не могут быть получены непосредственно из зависимостей  $R_x = f(H)$  в области сильных магнитных полей  $\mu H / c \gg 1$  из-за того, что строгое насыщение  $R_x = f(H)$  в полях, не приводящих еще к квантованию, не достигается, а в более сильных  $H$  (при выполнении критерия  $hw \gg kT$ ) классическая теория эффекта Холла не применима.

№ образца	$\rho$	$R_{\infty}^{\Omega}$	$R_0$	$n_e^{\Omega}$	$n_e^{R_0}$
300°K					
1	21.9	$9.1 \cdot 10^4$	$8.57 \cdot 10^4$	$6.85 \cdot 10^{13}$	$6.7 \cdot 10^{13}$
2	11.6	$4.77 \cdot 10^4$	$4.25 \cdot 10^4$	$1.31 \cdot 10^{14}$	$1.33 \cdot 10^{14}$
3	1.3	$5.11 \cdot 10^3$	$4.63 \cdot 10^3$	$1.23 \cdot 10^{15}$	$1.2 \cdot 10^{15}$
4	0.603	$2.05 \cdot 10^3$	$1.92 \cdot 10^3$	$3.05 \cdot 10^{15}$	$2.91 \cdot 10^{15}$
77°K					
1	3.43	$1.057 \cdot 10^5$	$8.87 \cdot 10^4$	$5.91 \cdot 10^{13}$	$5.89 \cdot 10^{13}$
2	1.45	$4.74 \cdot 10^4$	$3.92 \cdot 10^4$	$1.32 \cdot 10^{14}$	$1.32 \cdot 10^{14}$
3	0.215	$5.27 \cdot 10^3$	$4.53 \cdot 10^3$	$1.18 \cdot 10^{15}$	$1.15 \cdot 10^{15}$
4	0.123	$2.18 \cdot 10^3$	$1.91 \cdot 10^3$	$2.87 \cdot 10^{15}$	$2.92 \cdot 10^{15}$

Развитая в работе [1] теория проверена авторами этой же работы при отсутствии  $H$  и в области слабых магнитных полей. Цель настоящего сообщения заключается в описании экспериментальной проверки выражения (1) (и, следовательно, применимости теории [1] для случая больших значений  $H$ ), а также выяснении некоторых возможностей практического применения этого выражения.

Измерения зависимостей  $\Omega = f(H)$  (при  $J = \text{const}$  и  $T = 300^\circ \text{K}$ ) в сильных импульсных магнитных полях производились (при  $\pm J$  и  $\pm H$ ) путем получения осциллограмм, типичный вид которых представлен кривыми 1, 2, 3 на фигуре, б; для повышения точности измерений обработка исследуемого сигнала  $\Delta V_{\Omega}$  и сигнала поля  $\Delta V$  производилась (при помощи синусоидального напряжения, кривая 3) по экстремумам кривых 1 и 2 соответственно. Кроме того, для исключения индуктивных помех, а также явлений, разыгрывающихся на контактах, измерения проводились при двух направлениях  $H$  и  $J$ , а затем полученные результаты усреднялись обычным образом. Типичная зависимость  $\Delta V_{\Omega} = J \Delta \Omega$ , полученная при  $T \approx 300^\circ \text{K}$  с образцом, имевшим  $\rho \approx 11.6 \text{ ом/см}$ , представлена на фигуре, а, где крестиками и треугольниками представлены результаты, полученные при  $+H$  и  $\pm J$ , а светлыми и темными кружками — результаты, полученные при  $-H$  и  $\pm J$ . Аналогичные прямые были получены и для других образцов с  $\rho = 0.6, 1.3, 10.2, 21.9 \text{ ом/см}$  в полях до  $450 \text{ кэ}$ .

При  $T = 77^\circ \text{K}$  измерения проводились в статических магнитных полях, поскольку критерий  $\mu H / c \gg 1$  в этом случае выполняется уже с  $H \approx 3-10 \text{ кэ}$ , в зависимости от концентрации примеси в образце. Полученные результаты, как видно из фигуры, а, также находятся в согласии с выражением (1).

Используя наклон прямолинейных участков зависимостей  $\Delta V_{\Omega} = J \Delta \Omega$ , находим значения  $R_{\infty}$ , при помощи которых определялась концентрация носителей тока при 300 и  $77^\circ \text{K}$ . На этих же образцах были найдены значения  $n_e$  из измерений коэффициента Холла  $R_0$  в слабых магнитных полях при строгом учете концентрированной зависимости холл-фактора в соответствии с работой [2]. Сопоставление значений  $n_e$  (для области истощения), полученных из измерений полного сопротивления полупроводникового диска в сильных магнитных полях, а также из измерений коэффициента Холла  $R_0$  в слабых  $H$  хорошо (таблица) согласуются между собой. Это дает право использовать предложенный метод для точного определения концентрации носителей тока в  $n$ -германии.

Как видно из выражения (1), полное сопротивление образца круглой формы растет линейно с магнитным полем, поэтому эту зависимость  $\Omega$  от  $H$  можно использовать также в качестве метода градуировки электромагнитов в широкой области магнитных полей, удовлетворяющих условию  $\mu H / c \gg 1$ , но не приводящих еще к квантованию.

Поступила 5 IV 1967

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баранский П. И., Емец Ю. П. Электрическое поле в круглой полупроводниковой пластинке, помещенной в магнитное поле. Ж. прикл. мех. и техн. физ., 1966, № 5.
2. Баранский П. И., Даховский И. В., Курило П. М. Исследование полевых и концентрационных зависимостей коэффициента Холла в монокристаллах  $n$ -германия в промежуточных и сильных магнитных полях. Физика и техника полупроводников, 1967, т. 1, № 2.