

ИОНИЗАЦИЯ ДОНОРНЫХ АТОМОВ В  $n$ - $InSb$  МИКРОВОЛНОВЫМ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

В.А.Данилмчев

В настоящей работе изучалось влияние микроволнового электрического поля длиной волны  $\lambda = 10$  мм на электропроводность ряда образцов  $n$ - $InSb$  и была обнаружена ионизация донорных примесей микроволновым полем. Из-за малой эффективной массы электронов  $m^* = 0,013m_0$  и большой диэлектрической постоянной  $\epsilon = 16$  волновые функции элект-

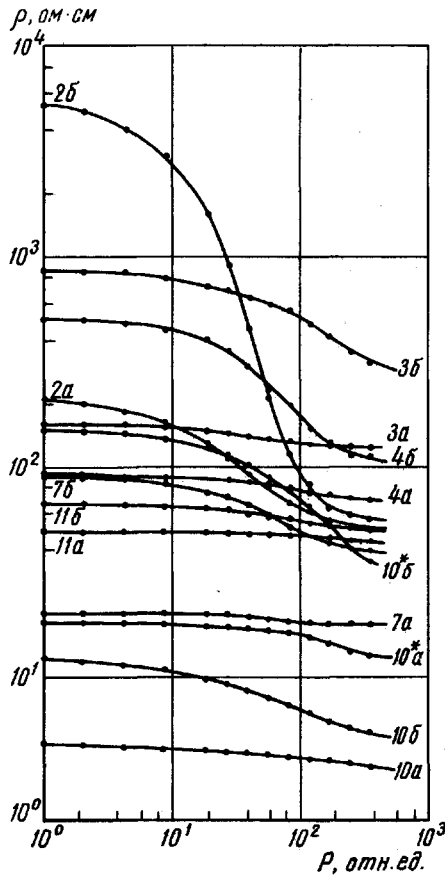


Рис. I Зависимость удельного сопротивления  $\rho$  образцов от относительной величины мощности излучения в магнитном поле  $H = 3$  кэ,  $\alpha - T = 4,2^{\circ}\text{K}$ ;  $\delta - T = 1,1^{\circ}\text{K}$ . Звездочка означает, что измерения выполнены в магнитном поле  $H = 8$  кэ

ронов донорных атомов  $n\text{-InSb}$  перекрывается даже при сравнительно низких концентрациях примесей  $\sim 5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$  и при гелиевых температурах наблюдается проводимость по примесям, сравнимая с проводимостью свободных электронов [1-3]. Поэтому эксперимент проводился на высокочистых образцах при температурах до  $1^{\circ}\text{K}$ . Для двух фиксированных температур 4,2 и  $1,1^{\circ}\text{K}$ , при которых соответственно проводимость по примесям сравнима с проводимостью свободных электронов и много больше последней, были сняты зависимости постоянной Холла и удельного сопротивления от величин мощности микроволнового поля (рис. I и 2). Измерения выполнены в магнитном поле 3 кэ. Образцы

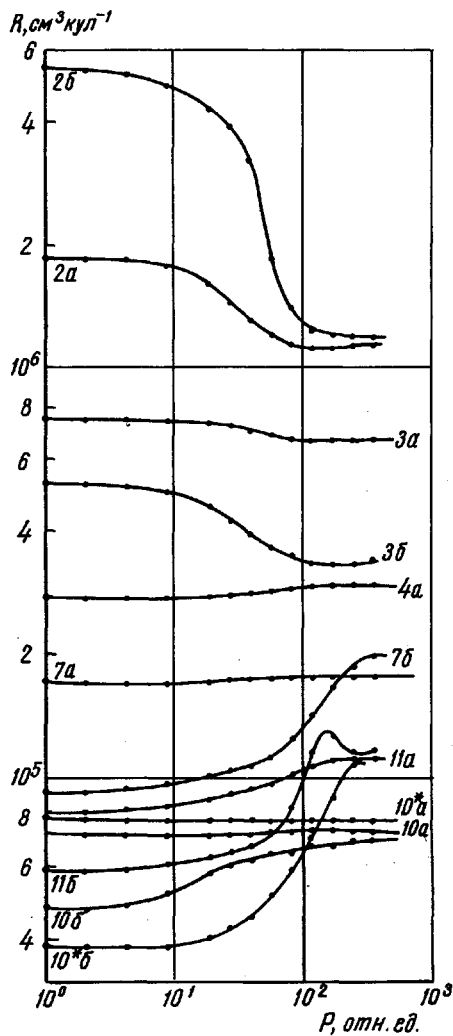


Рис.2. Зависимость постоянной Холла от относительной величины мощности излучения: а -  $T = 4,2^{\circ}\text{K}$ , б -  $T = 1,1^{\circ}\text{K}$

размером  $2 \times 0,5 \times 10$  мм помещались перед цилиндрическим волноводом, магнитное поле было перпендикулярно плоскости образца. Параметры образцов показаны в таблице.

Номера образцов	2	3	4	7	10	11
$N_D - N_A, \text{см}^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{13}$	$1,5 \cdot 10^{13}$	$3 \cdot 10^{13}$	$4,4 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{14}$	$1,1 \cdot 10^{14}$
$\mu_H, \text{см}^2/\text{В-сек}$	$2,6 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$8,4 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^3$

Постоянная Холла во всех образцах, кроме В 2, при понижении температуры проходит через максимум вблизи  $T = 3 \pm 4^\circ\text{K}$ , приближаясь к значению, полученному при  $77^\circ\text{K}$  [3]. Это говорит о том, что при температурах ниже  $3^\circ\text{K}$  проводимость образцов обусловлена проводимостью по примесям.

Из рис. 1, 2 видно, что в образце В 2 с малой величиной  $N_A - N_A$ , в котором проводимость по примесям мала, постоянная Холла резко падает при повышении мощности излучения выше некоторого предела. Величина этого скачка сильно увеличивается с понижением температуры, а предел, к которому стремится константа Холла при повышении мощности, близок к ее значению при  $77^\circ\text{K}$ . Нужно отметить также, что рост электропроводности с увеличением микроволновой мощности начинается одновременно с уменьшением константы Холла задолго до приближения к критической мощности. Таким образом изменение электропроводности под действием излучения сопровождается изменением числа свободных электронов. Это связано с уменьшением рекомбинации электронов на донорные атомы и проявляется также на постоянном токе [3]. Дополнительные измерения показали, что температура образцов не меняется под действием излучения.

Постоянная Холла в образцах с большой проводимостью по примесям, наоборот, растет с ростом мощности падающего излучения, как и в случае постоянного тока [2,3]. Это изменение тем заметнее, чем ниже температура. Пользуясь простой двухзонной моделью [1], можно показать, что при ионизации примесей постоянная Холла при преобладании проводимости по примесям растет. При температуре  $4,2^\circ\text{K}$  изменение постоянной Холла, обусловленное ростом числа свободных электронов, компенсируется ее изменением из-за изменения числа электронов, участвующих в проводимости по примесям. Можно также показать [3], что при достаточно низкой температуре  $T = 1^\circ\text{K}$  наблюдаемое изменение электропроводности и постоянной Холла по действиям излучения нельзя объяснить изменением отношения подвижностей свободных электронов и электронов на примесях, так как эффект растет с понижением температуры. Таким образом, изменение электропроводности об-

разцов при облучении электромагнитной волной  $\lambda = 10$  мм связано с изменением рекомбинации электронов на донорные уровни под действием электрического поля и последующего изменения числа носителей на примесных уровнях и в зоне проводимости [3,4] .

Величина полей, соответствующих резкому изменению электропроводности и постоянной Холла, находится в пределах  $0,2 \div 0,4$  в/см, хотя, возможно, эти цифры и завышены, так как неизвестно проникновение поля в образцы. Независимость постоянной Холла от мощности излучения при облучении  $n$ - $InSb$  миллиметровыми волнами, обнаруженная в работе [5] , возможно, связана с недостаточно низкими температурами и низкой чистотой образцов.

В заключение автор считает своим долгом выразить благодарность Н.Г.Басову за стимулирующие беседы, Б.Д.Бурмистрову за помощь во время измерений и Ю.П.Захарову за изготовление образцов.

Физический институт  
им.П.Н.Лебедева  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
2 октября 1965 г.

#### Литература

- [1] R.J.Sladek. J.Phys. Chem. Sol., 2, 157, 1958.
- [2] Лянь Чжи-чао, Д.Н.Наследов. ФТТ, 2, 793, 1960.
- [3] Н.Г.Басов, В.А.Даниличев. Препринт ФИАН, 1965 .
- [4] В.А.Даниличев, Б.Д.Осипов. ФТТ, 2, 2369, 1963.
- [5] Т.М.Лифшиц, Ш.М.Коган, А.Н.Выставкин, П.Т.Мельник. ЖЭТФ, 42, 4, 1962.