

ВЛИЯНИЕ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ
АНТИМОНИДА ИНДИЯ Р - ТИПА

Л.Н.Курбатов, П.А.Халилов,
Е.В.Сусов, Ф.Ф.Харахорин

Влияние СВЧ-излучения на электропроводность антимонида индия изучалось многими авторами как в СССР, так и за рубежом [1-4]. В работах [1,2] исследовалось изменение электропроводности антимонида индия П- типа в постоянном магнитном поле или без него при гелиевых температурах под действием излучения в миллиметровой области радиоволн.

Нами наблюдалось уменьшение электропроводности на постоянном токе под влиянием СВЧ-излучения плотностью $P \sim 10^{-6} + 10^{-7}$ вт.мм⁻² в образцах монокристаллического антимонида индия р - типа с холловской концентрацией носителей от $7 \cdot 10^{12}$ до $4 \cdot 10^{14}$ см⁻³,

холловской подвижностью $\mu = 2 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^4 \text{ см}^2 \text{ в}^{-1} \text{ сек}^{-1}$ и удельным сопротивлением $\rho = 4 + 100 \text{ ом} \cdot \text{см}$ в диапазоне длин волн СВЧ $\lambda = 2 + 30 \text{ мм}$ при температурах $77 + 150^\circ\text{К}$. Относительное изменение электропроводности составило величину $\sim 10^{-5} + 10^{-6}$. Использовались образцы различных размеров: длиной $l + 8 \text{ мм}$, шириной $l + 4 \text{ мм}$, толщиной $0,5 + 0,01 \text{ мм}$.

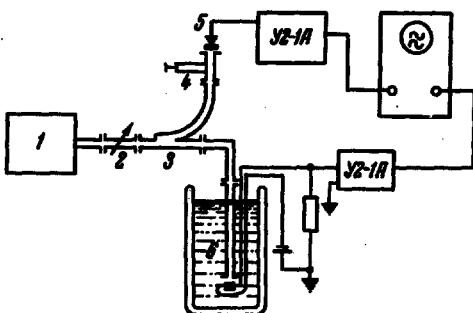


Рис. I. Блок-схема измерительной установки

Измерялось переменное напряжение, возникающее на образце под влиянием модулированного звуковой частотой СВЧ-излучения. Образец был смонтирован на пенопластовой пластинке в центре волновода. Ток к образцу подавался через вводы, изолированные от стенок волновода.

Образец был подключен к батарее через первичную обмотку входного трансформатора измерительного усилителя У2-IA.

Использовалась также обычная схема включения фотосопротивлений в режиме максимальной чувствительности. Сигнал с усилителя регистрировался двухлучевым электронным осциллографом, на второй канал которого подавался через аналогичный усилитель У2-IA сигнал с детектора волнометра (рис. I).

Микроволновая мощность от кlyстронного генератора (1) поступала в волноводный тракт через прецизионный поляризационный аттенюатор (2) с регулируемым ослаблением. Часть мощности отделялась ответвителем (3) на вход волнометра (4).

Результаты измерений. На рис. 2 изображена статическая вольт-амперная характеристика образца, снятая при температуре 77°K в области рабочих токов. Она имеет линейный характер, наклон прямой не зависит от направления тока.

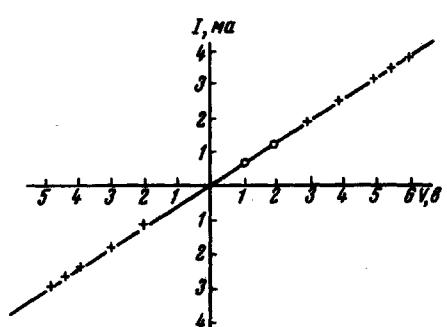


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика

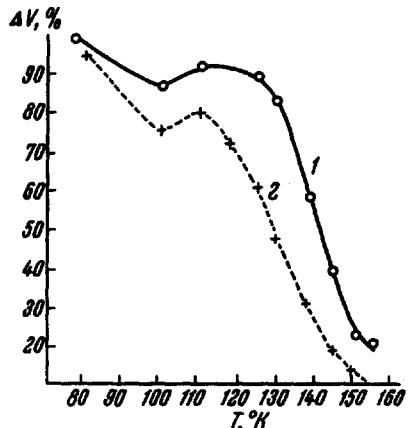


Рис. 3. Температурная зависимость ответа

Температурная зависимость, полученная при мощности 10^{-6} вт , изображена на рис. 3. Кривая I относится к образцу с параметрами (при 77°K): уд.сопротивление 100 ом.см , концентрация дырок $7 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$, подвижность $2000 \text{ см}^2/\text{в.сек}$. Кривая 2 получена на образце с удельным сопротивлением 4 ом.см , концентрацией $1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ и подвижностью $8 \cdot 10^3 \text{ см}^2/\text{в.сек}$.

Верхняя температурная граница эффекта ($130+140^{\circ}\text{K}$), при которой сигнал становится неразличимым на фоне шумов, совпадает с областью перехода полупроводника из состояния с дырочной проводимостью в состояние с электронной проводимостью.

Инерционность эффекта была исследована путем изменения частоты модуляции микроволн в широком диапазоне при сохранении уровня мощности и глубины модуляции. Уменьшение сигнала наблюдалось при температуре 77°K при частотах $0,5 - 0,7 \text{ Мгц}$. Подсветка образца белым светом не оказывала заметного влияния на величину сигнала.

Выполненные нами опыты позволяют считать, что наблюдаемый эффект не является ни болометрическим, ни фотовольтаическим и что мы имеем дело с непосредственным влиянием поля СВЧ на проводимость образца. (Заметим, что удельное сопротивление наших образцов достаточно велико, чтобы обеспечить проникновение поля в объем образца). Малая величина кванта СВЧ не позволяет предполагать фотоионизацию каких-либо уровней в запрещенной зоне. К тому же знак эффекта в этом случае должен быть обратным наблюдаемому. Поэтому, с нашей точки зрения, здесь имеет место разогрев дырок полем и связанное с ним изменение времени релаксации и подвижности. Для объяснения убывания проводимости при действии СВЧ следует предположить, что рассеяние дырок на акустических фононах является одним из существенных механизмов рассеяния в исследованной нами области температур. При этом можно представить себе следующую температурную зависимость эффекта. При комнатной температуре, как известно, доминирует полярное рассеяние [5], при котором время релаксации не зависит от энергии, а следовательно, нет и влияния разогрева; при понижении температуры вклад полярного рассеяния экспоненциально убывает, в то время как вклад акустического рассеяния убывает медленнее по степенному закону. При некоторой температуре эффект достигает максимума, а затем начинается спад, связанный с уменьшением роли акустического рассеяния и доминированием рассеяния на примесях или носителях тока, при котором либо нет зависимости времени релаксации от энергии (нейтральные примеси), либо эта зависимость, возрастающая по закону, $\tau \sim E^{3/2}$.

Таким образом, наблюдавшийся нами эффект можно представить себе как следствие существования рассеяния дырок на акустических фононах в довольно широкой области температур.

В заключение авторы благодарят за полезное обсуждение В.Л.Бонч-Бруевича и Е.М. Кузнецова.

Предприятие п/я 4064

Поступило в редакцию

12 июля 1965 г.

Литература

- [1] Ш.М.Коган. ФТТ, 4, 1891, 1962.
- [2] Т.М.Лифшиц, А.Н. Выставкин, Ш.М. Коган, П.Г.Мельник. ЗЭТФ, 42, 958, 1962.
- [3] E.H.Putley. J. Phys.Chem. Solids, 22, 241, 1961.
- [4] E.H.Putley, Proc. 7th Intern Conf. on Semicond. Physics, Paris, 443, 1964.
- [5] К. Хилсум, А.Роуз-Инс. Полупроводники А_{III} В_у. Изд. иностр. лит. М., 1963.