

ФОТОПРОВОДИМОСТЬ В p -CdSb В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ВОЛН

В.М.Афиногенов, Г.И.Гончаренко, В.И.Трифонов,
В.Я.Шевченко

При облучении чистых образцов p -CdSb ($N_A - N_D \sim 10^{15} \text{ см}^{-3}$ при 77°K) излучением миллиметрового диапазона волн ($\lambda \approx 4 \text{ мм}$), на контактах, с помощью которых прикладывалось поле постоянного электрического смещения, было обнаружено переменное напряжение (отклик), имеющее частоту модуляции падающего на образец излучения. Отсутствие отклика в p -CdSb при нулевом поле смещения и линейное изменение отклика при увеличении поля смещения (рис. 1) аналогично [1, 2]

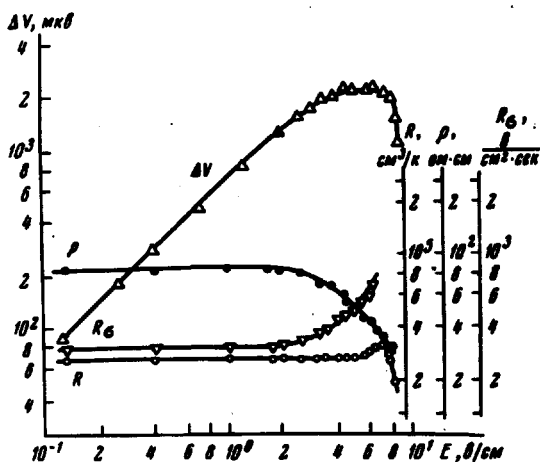


Рис. 1. Зависимость величины фотоотклика (ΔV), удельного сопротивления (ρ), постоянной Холла (R) и холловской подвижности ($R\sigma$) от электрического поля смещения (E) при $4,2^\circ \text{K}$

и означает, по-видимому, что наблюдаемый эффект обусловлен изменением проводимости образца при облучении, т.е. эффектом фотопроводимости. Исследования полевых зависимостей постоянной Холла (R), удельного сопротивления (ρ) и холловской подвижности ($R\sigma$) показывает, что в диапазоне полей, соответствующих области линейного изменения отклика (ΔV), эти величины (R , ρ , $R\sigma$) от поля не зависят. Для области полей, в которой начинается разогрев носителей и ионизация примесных центров, ве-

личина отклика достигает насыщения и затем уменьшается. На рис. 2 приведены температурные зависимости ρ , R и ΔV . Зависимость $R(T)$ имеет особенность, характерную для полупроводников с примесной полосой. Оценка энергии активации примесных центров в исследованном образце по методике работ [3, 4] дает значение $\sim 3 \cdot 10^{-3}$ эв. Изменение отклика от температуры пропорционально $\exp(\epsilon/kT)$, где $\epsilon = 5 \cdot 10^{-3}$ эв и $2 \cdot 10^{-3}$ эв соответственно в высокотемпературной и низкотемпературной областях и аналогично характеру изменения с температурой удельного сопротивления..

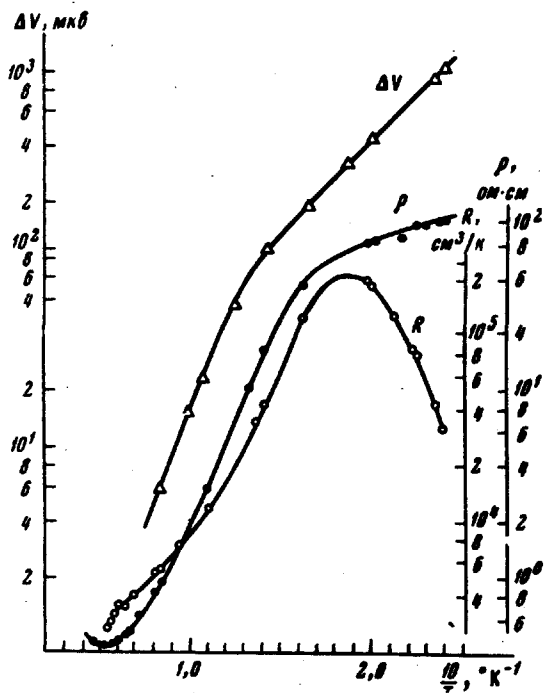


Рис. 2. Зависимость величины фотоотклика (ΔV), удельного сопротивления (ρ) и постоянной Холла (R) от температуры в слабом электрическом поле

Величина энергии кванта излучения составляет в нашем случае $\sim 3 \cdot 10^{-4}$ эв, т.е. на порядок меньше величины энергетического зазора между примесной полосой и валентной зоной, а поэтому полученные результаты не могут быть объяснены существованием примесного фотоэффекта (заметьте, также, что энергия кванта излучения не превышает и величину тепловой энергии KT , которая при $4,2^\circ\text{K}$ равна $3,6 \cdot 10^{-4}$ эв). Строго линейная зависимость отклика от поля (до полей насыщения) исключает объяснение возникновения фотопроводимости по механизму

работы [5]. Энергия активации межпримесных переходов, определенная по наклону кривой $\ln \rho = f(10^3/kT)$ в области очень низких температур (за максимумом R) [6], равна $4 \cdot 10^{-4}$ эв, т.е. того же порядка, что и энергия кванта излучения и тепловая энергия. Естественно предположить, поэтому, что наблюдаемый фотоэффект обусловлен изменением проводимости по примесной полосе при поглощении излучения миллиметрового диапазона. Действительно, согласно полученным результатам, отклик имеет место только в той области температур, где существенна проводимость по примесной полосе и наиболее велик в той области, где вклад проводимости по валентной зоне незначителен.

Для величины отклика можно записать следующее выражение:

$$\Delta V = \frac{IE \Delta \sigma}{\sigma_{\text{полн}}} \quad , \quad (1)$$

где l – длина образца, $\Delta \sigma$ – изменение проводимости по примесной полосе под действием СВЧ-излучения, а $\sigma_{\text{полн}}$ представляет собой суммарную проводимость по валентной зоне и примесной полосе и согласно рис. 2 изменяется с температурой по закону

$$\sigma_{\text{полн}} = C_1 \exp(-\epsilon_1/kT) + C_2 \exp(-\epsilon_2/kT) \quad , \quad (2)$$

где $\epsilon_1 = 3 \cdot 10^{-3}$ эв, $\epsilon_2 = 4 \cdot 10^{-4}$ эв, C_1 и C_2 – константы.

Величина $\Delta \sigma$ пропорциональна мощности СВЧ-излучения W , падающей на образец, и, по-видимому, числу носителей в примесной полосе $\rho_{\text{пр}}$, на которых происходит поглощение излучения. В исследованном диапазоне температур $\rho_{\text{пр}} \sim \exp(\epsilon_1/kT)$ [7]. Тогда, согласно (1) и (2)

$$\Delta V \approx \text{const } WE \frac{\exp \frac{\epsilon_1}{kT}}{C_1 \exp(-\epsilon_1/kT) + C_2 \exp(-\epsilon_2/kT)} \quad (3)$$

Из (3) следует, что в низкотемпературной области отклик пропорционален $\exp \epsilon_1/kT$ (так как $\epsilon_1 \gg \epsilon_2$), а в области высоких температур пропорционален $\exp 2\epsilon_1/kT$. Зависимость отклика от температуры, полученная экспериментально (рис. 2), удовлетворительно согласуется с проведенной оценкой (3).

Институт
радиотехники и электроники
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
9 сентября 1969 г

Литература

- [1] E.Putley. *Phys. Stat. Sol.*, 6, 571, 1964. (Русский перевод "Длинноволновая инфракрасная спектроскопия. Изд. Мир, 1966,
 - [2] G.S.Stillman. *Appl. Phys. Lett.*, 13, 83, 1968.
 - [3] Л.И.Зарубин, А.И.Малютенко, И.Ю.Нелиш. *УФЖ*, 13, 1911, 1968.
 - [4] О.В.Емельяненко, Т.С.Лагунова, Д.Н.Наследов, Г.Н.Талалакин, *ФТТ*, 7, 1315, 1965.
 - [5] Ш.М.Коган. *ФТТ*, 4, 1891, 1962.
 - [6] Н.Мотт, У.Туз, *УФН*, 79, 691, 1963.
 - [7] Д.Блекмор. *Статистика электронов в полупроводниках*, Изд. Мир, 1964.
-