

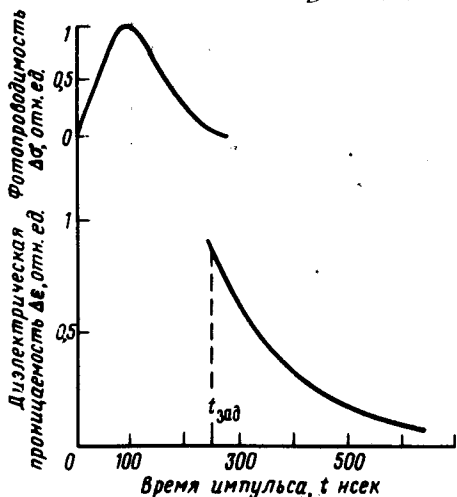
НАБЛЮДЕНИЕ ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА, СВЯЗАННОГО С ВОЗБУЖДЕННЫМИ СОСТОЯНИЯМИ МЕЛКИХ АКЦЕПТОРОВ В ГЕРМАНИИ

А.В.Петров, В.И.Бочарников, Э.Э.Годик, В.П.Синис

Обнаружено увеличение диэлектрической проницаемости германия при заселении возбужденных состояний мелких акцепторов. Определены время жизни и поляризуемость первого возбужденного состояния.

В работе [1] было показано, что при фотовозбуждении мелких примесей может существенно изменяться диэлектрическая проницаемость полупроводника — фотодиэлектрический эффект (ФДЭ). Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию этого эффекта. В нашей схеме эксперимента возбужденные состояния мелких акцепторов в германии заселялись в процессе рекомбинации фотодырок, возбуждаемых CO_2 -лазером. Основной трудностью при таком наблюдении эффекта было исключение влияния фотопроводимости. С этой целью измерения диэлектрической проницаемости ϵ проводились в СВЧ диапазоне (на длине волны $\lambda = 8$ мм). Для отдельной регистрации мнимой части импеданса применялась схема моста с использованием двойного волноводного тройника [6]. Кроме того, для выделения сигнала ФДЭ было учтено, что время жизни первого возбужденного состояния τ_b акцепторов в германии [2 — 4] должно быть значительно больше, чем время жизни фотодырок τ_p , при достаточной концентрации центров захвата. Поэтому сигнал ФДЭ измерялся при достаточно большой задерж-

ке $t_{\text{зад}}$ после окончания светового импульса: $\tau_p \ll t_{\text{зад}} \approx \tau_b$. Для выделения сигнала из шумов использовался стробинтегратор с временным разрешением 10^{-8} сек. Исследовались образцы, помещенные в волновод, погруженный в жидкий гелий. Концентрация примесей: $N_A = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ (Ga), $N_D = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ (Sb).



Осциллограмма изменения диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$ и фотопроводимости $\Delta\sigma$ при возбуждении импульсами излучения CO_2 -лазера

На рисунке приведены осциллограммы изменения диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$ и фотопроводимости $\Delta\sigma$ при освещении образца импульсом CO_2 -лазера. После окончания лазерного импульса, форму которого хорошо передает сигнал фотопроводимости ($\tau_p \sim 10^{-9}$ сек), мы наблюдали увеличение диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$. Этот сигнал $\Delta\epsilon$ релаксировал со временем около 150 нсек. При повышении температуры сигнал ФДЭ исчезал раньше, чем фотопроводимость.

Наблюдаемое нами увеличение диэлектрической проницаемости при освещении естественно связать с заселением возбужденных состояний. В этом случае измеряемое время релаксации сигнала ФДЭ определяется временем жизни возбужденных состояний. Полученная нами величина хорошо согласуется с результатами эксперимента [3] и теории [4] для первого возбужденного состояния акцепторов в германии. Из отношения сигналов, пропорциональных $\Delta\epsilon(U_\epsilon)$ и $\Delta\sigma(U_\sigma)$ в предположении, что эффект связан с одним наиболее долгоживущим возбужденным состоянием, мы оценили поляризуемость этого состояния:

$$a = \frac{U_\epsilon}{U_\sigma} \frac{\tau_p}{\tau_\epsilon} \frac{e\mu\lambda}{\pi c} \approx 8 \cdot 10^{-17} \text{ см}^{-3},$$

где μ — подвижность дырок, λ — длина волны СВЧ излучения. Необходимая при этом величина времени жизни свободных дырок τ_p была определена из измерений фазо-частотной характеристики фотопроводимости. Полученное значение a намного превышает поляризуемость основного состояния a_0 [5] и хорошо согласуется с простейшей оценкой поляризуемости первого возбужденного состояния a_1 в водородоподобном приближении:

$$a = a_0 \left(\frac{E_0}{E_{b1}} \right)^2 \sim 6 \cdot 10^{-17} \text{ см}^{-3}.$$

Близкие значения поляризуемости и времени жизни возбужденного состояния мелких акцепторов ($\alpha \sim 10^{-16}$ см³, $\tau_b \gtrsim 100$ нсек) были получены с помощью другой методики, основанной на измерении амплитуды и фазы сигнала ФДЭ при синусоидальной модуляции ($f = 4$ МГц) излучения СО₂-лазера, работающего в непрерывном режиме.

Институт радиотехники и электроники
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
26 августа 1980 г.

Литература

- [1] Э.Э.Годик, А.И.Кузнецов. Изв. АН СССР, **42**, 1206, 1978.
 - [2] В.Ф.Гантмахер, В.Н.Зверев. ЖЭТФ, **79**, 1891, 1976.
 - [3] Е.М.Гершензон, Г.Н.Гольцман, Н.Г.Птицына. Письма в ЖЭТФ, **25**, 574, 1977.
 - [4] С.В.Мешков, Э.И.Рашба. ЖЭТФ, **76**, 2206, 1979.
 - [5] F. D'Alroy, N. Fan. Phys. Rev., **103**, 1671, 1956.
 - [6] А.А.Брант. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах, М., Физматгиз, 1963.
-