

УДК 537.215

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАНИЦ
ДИАПАЗОНА ЛИНЕЙНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОПРИЕМНИКОВ НА ОСНОВЕ
ПОЛУПРОВОДНИКОВ С ГЛУБОКИМИ ПРИМЕСЯМИ**Магистрантка Н.В. Яржембицкая,
д-р техн. наук, проф. О.К. Гусев*Белорусский национальный технический университет*

Фотоприемники на основе полупроводников с глубокими примесями используются для создания ИК-приборов и систем обнаружения, для волоконно-оптических линий связи.

Характеристики фотоприемников на основе полупроводников с глубокими примесями определяются в основном характером рекомбинационных процессов с участием глубоких дефектов. Известно, что время жизни электронов τ_n и дырок τ_p в полупроводниках с глубокими примесями может изменяться на порядки величины и существуют две области линейной рекомбинации, т.е. постоянства τ_n , τ_p . Первая область – при низких уровнях инжекции, когда перезарядка глубоких центров еще не началась, а вторая – при высоких уровнях возбуждения, когда перезарядка глубоких дефектов уже завершилась.

На рис.1 представлены рассчитанные зависимости времени жизни электронов τ_n и дырок τ_p от уровня инжекции для фотоприемника, изготовленного из германия, легированного медью, а также расчетная зависимость неравновесной стационарной функции заполнения центра F от Δn . Расчет проведен для германия n -типа, легированного медью, обладающего следующими значениями параметров: равновесная концентрация свободных электронов $n_0 = 5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$, концентрация дефектов $N = 10^{13} \text{ см}^{-3}$, энергия ионизации уровня примеси $E = E_c - 0,26$, $T = 100 \text{ К}$, коэффициенты захвата электронов и дырок на центр соответственно $\gamma_n = 4.1 \cdot 10^{13} \text{ см}^3 \cdot \text{с}^{-1}$, $\gamma_p = 1.44 \cdot 10^9 \text{ см}^3 \cdot \text{с}^{-1}$.

На основе неравновесной стационарной статистики рекомбинации получены аналитические выражения, определяющие диапазоны соответствия энергетической характеристики фотоприемников с глубокими примесями линейному закону (участку) работы не только при низких ($\Delta n < \Delta n_n$), но и при высоких ($\Delta n > \Delta n_n$) уровнях возбуждения:

$$\Delta n_n = \frac{\pm 0.5((1-A)Nf_0(1 \pm 0.5) + n_0 + (1-A)p_1)}{1 - (1 \pm 0.5)Af_0}, \quad (1)$$

$$\Delta n_p = \frac{1}{(1 \pm 0.5)} \left(n_0 + p_1 \frac{(1-A)}{A} \right) - (1-A) \left(A(1 \pm 0.5)N - p_0 - Nf_0 + p_1 + \frac{A}{1-A}(n_0 + n_1) \right) \quad (2)$$

$$A = 1 + \frac{\gamma_p}{\gamma_n}.$$

Анализ расчетных зависимостей границ линейности характеристик фотоприемников от концентрации акцепторной примеси показывает, что границами диапазонов линейности энергетической характеристики фотоприемников с глубокими примесями Δn_n и Δn_p можно управлять, меняя концентрацию глубокой акцепторной примеси.

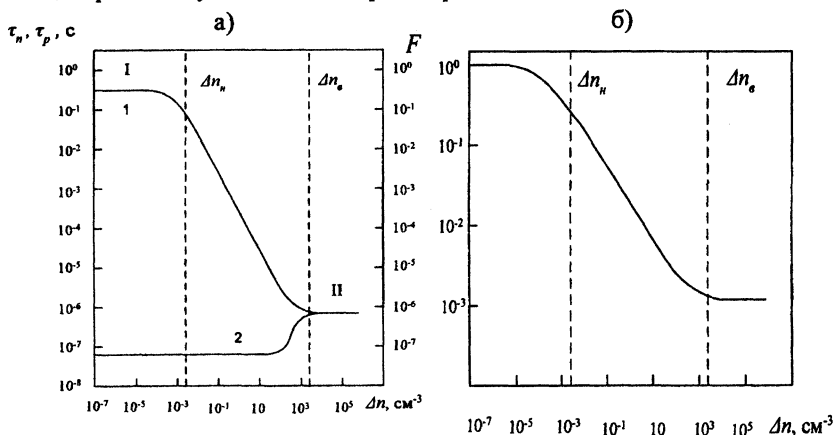


Рис. 1. Расчетные зависимости времени жизни основных τ_n и неосновных τ_p носителей заряда, вероятности заполнения центра F от уровня инжекции Δn в германии n -типа, легированном медью

(а) - 1 - τ_n ; 2 - τ_p ; (б) - F

Полученные результаты могут быть использованы при разработке конструкции и технологии изготовления широкодиапазонных фотоприемников на основе полупроводников с глубокими примесями, обладающих линейной энергетической зависимостью выходного сигнала в заданных диапазонах уровня возбуждения.