

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПЕРЕНОСА ДЫРОК В АМОРФНОМ ГИДРИРОВАННОМ КРЕМНИИ МЕТОДОМ ФОТО-ВАХ

Голикова О. А., Икрамов Р. Г., Казанин М. М.

На основе анализа фото-ВАХ структур с барьерами Шоттки и *pin*-структур получены данные о $\mu\tau$ дырок в *a-Si:H* и плотности локализованных состояний $g(\epsilon)$. Определена зависимость $\mu\tau$ от положения уровня Ферми в щели подвижности.

В настоящей работе представлена информация о $(\mu\tau)^{(p)}$ (произведение подвижности дырок на их время жизни) аморфного гидрированного Si (*a-Si:H*), полученная методом анализа фото-ВАХ структур с барьером Шоттки и *p-i-n* (рис. 1, а). Кроме того, представлены данные о плотности состояний $g(\epsilon)$ в области щели подвижности E_g ниже равновесного уровня Ферми ϵ_F .

Как и в наших предыдущих работах (см., например, [1]), положение ϵ_F в E_g изменяли без специального легирования и находили при условии, что $\Delta E = |\epsilon_c - \epsilon_F|_{T=0}$. Здесь ΔE — энергия активации электропроводности образ-

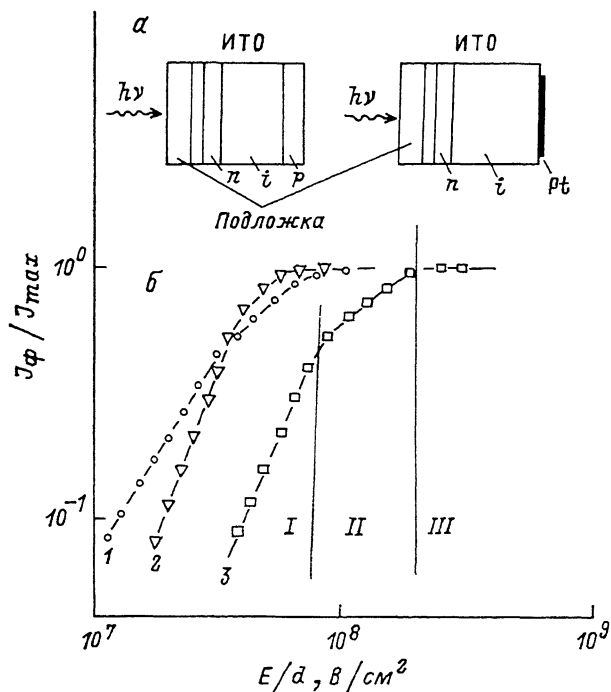


Рис. 1. Фотовольтаические структуры *p-i-n* и с барьером Шоттки (а); фото-ВАХ (б).
1 — *p-i-n*, $\Delta E=1.1$ эВ; 2 — барьер Шоттки, $\Delta E=0.9$ эВ; 3 — барьер Шоттки, $\Delta E=0.6$ эВ.

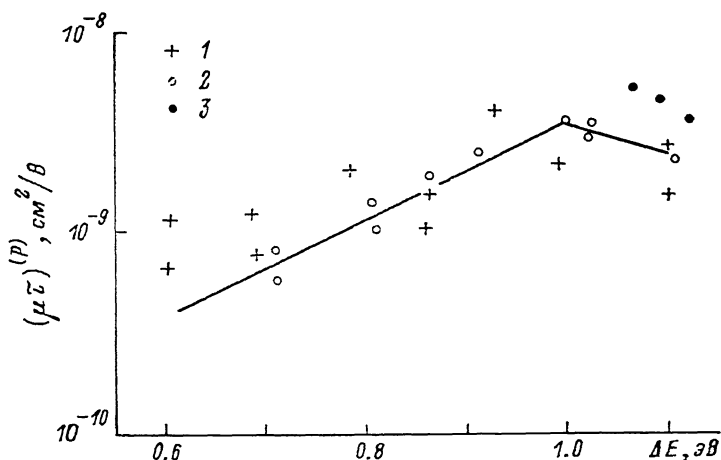


Рис. 2. $(\mu\tau)^{(P)}$ в зависимости от ΔE по данным: настоящей работы (1), работы [1] — (2, 3).

пов α -Si:H, изготовленных в тех же, что i -слои структур, технологических процессах, ϵ_c — край зоны проводимости. При освещении светом $\lambda=444$ нм поглощение происходит в приповерхностных частях i -слоев структур и при приложении к структурам обратного смещения фототок определяется дырками.

Как видно из рис. 1, б, фото-ВАХ имеют области степенной (I) и линейной (II) зависимостей тока от напряжения, а также область насыщения (III).

Величины $(\mu\tau)^{(P)}$ определялись следующим образом. Как известно, коэффициент сбора заряда

$$\beta = I_\phi / I_{\max}, \quad (1)$$

откуда, используя известную формулу Гехта, при условии $(\mu\tau)^{(P)} E \ll d$ (E — электрическое поле, d — толщина i -слоя) имеем

$$I_\phi / I_{\max} = (\mu\tau)^{(P)} E / d. \quad (2)$$

Здесь I_ϕ и I_{\max} — ток на участках II и III фото-ВАХ соответственно (рис. 1, б).

Плотность состояний вблизи квазиуровня Ферми дырок $g(\epsilon_F^*)$, а также ϵ_F^* находили на основе анализа фото-ВАХ на участке I, где реализуется механизм ТОПЗ (токи, ограниченные пространственным зарядом, когда $I \sim U^m$), при следующих условиях [2]: 1) $I_\phi \gg I_T$ (I_T — темновой ток структуры при $E = \text{const}$); 2) поглощение в приповерхностной части i -слоя; 3) $(\mu\tau)^{(P)} E \ll d$. Для исследованных нами структур эти условия выполняются, и тогда для каждой точки участка I можно найти

$$g(\epsilon_F^*) = \frac{\kappa}{ed^2kT} \frac{U}{m-1}, \quad (3)$$

$$\epsilon_F^* - \epsilon_v = kT \left(\ln \left(\frac{e\mu_v N_v}{d} \right) + \ln \left(\frac{I_\phi}{U} \right) \right), \quad (4)$$

где U — приложенное напряжение, κ — диэлектрическая проницаемость α -Si:H, ϵ_v — край валентной зоны, μ_v и N_v — подвижность дырок и эффективное число состояний вблизи ϵ_v ($\mu_v N_v = 10^{21} \text{ В}^{-1} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$) [2].

На рис. 2 представлена зависимость $(\mu\tau)^{(P)}$ от положения $\epsilon_F \Delta E$, полученная в настоящей работе (1). Здесь же приведены $(\mu\tau)_{cc}^{(P)}$ по данным времяпролетной методики (2), а также $(\mu\tau)_{ss}^{(P)}$, определенные из стационарной фотопро-

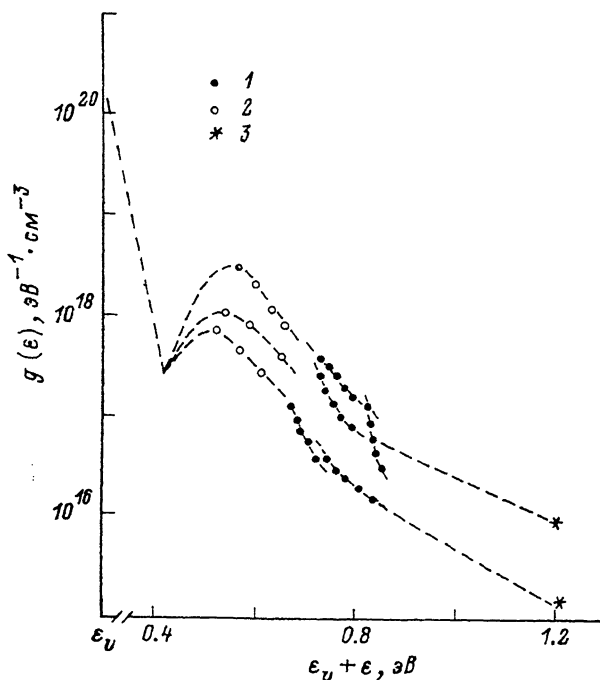


Рис. 3. $g(\epsilon)$, построенная по данным настоящей работы — (1), [3] — (2), [1] — (3). Штриховая линия — экстраполяции.

водимости «собственного» $a = \text{Si} : \text{H}$ (3) при условии, что $(\mu\tau)_{ss}^{(p)} = (\mu\tau)_{ss}^{(*)}$, когда $\Delta E = E_g/2$ [1].

На рис. 3 представлена $g(\epsilon)$, построенная для ряда образцов по данным настоящей работы (1), полученным методом видикона (2) [3], а также с учетом результатов определения $g(\epsilon_F)$ [1].

Следует отметить, что все данные о $(\mu\tau)^{(p)}$ и $g(\epsilon)$ согласуются между собой и их можно рассматривать как взаимно дополняющие друг друга. Кроме того, необходимо отметить, что метод, примененный в настоящей работе, экспериментально значительно проще, чем примененные в [1] и [3]. Наконец, существенно, что полученная информация относится к «i» — $a\text{-Si} : \text{H}$ непосредственно в приборных структурах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Голикова О. А., Бабаходжаев У. С., Казанин М. М., Мездрогина М. М., Арлаускас К., Юшка Г. // ФТП. 1990. Т. 24. В. 12. С. 1190—1193.
- [2] Kakinuma H., Mourji M., Sakamoto M., Sawai H. // J. Appl. Phys. 1990. V. 67 (4). P. 558—560.
- [3] Голикова О. А., Бабаходжаев У. С., Казанин М. М., Мездрогина М. М. // ФТП. 1991. Т. 25. В. 1. С. 102—105.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе РАН
Санкт-Петербург

Получена 2.07.1991
Принята к печати 18.07.1991