

06.2

© 1991

О МЕХАНИЗМАХ ПАРАЗИТНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ПО ПОДЛОЖКЕ В GaAs ПТШВ.А. Гергель, Э.А. Ильичев,
А.И. Лукьянченко, Э.А. Полторацкий,
К.С. Шамхалов

Несмотря на обилие работ, посвященных исследованию эффектов паразитного управления по подложке (ЭУП), катастрофически влияющих на выход годных ИС на арсениде галлия, не существует ясных представлений о механизмах и кинетике этих явлений и методах борьбы с ними.

Для выяснения механизмов ЭУП в настоящей работе в диапазоне электрических полей 10^1 – $5 \cdot 10^5$ В/см и температур 300–450 К в статическом и динамическом режимах проведены комплексные исследования ЭУП полевых транзисторов Шоттки (ПТШ) на стандартных полуизолирующих подложках GaAs, легированных хромом (АГЧП-4, 5). В процессе измерений токов стока и подложки при различных электрических полях и температурах выявлены

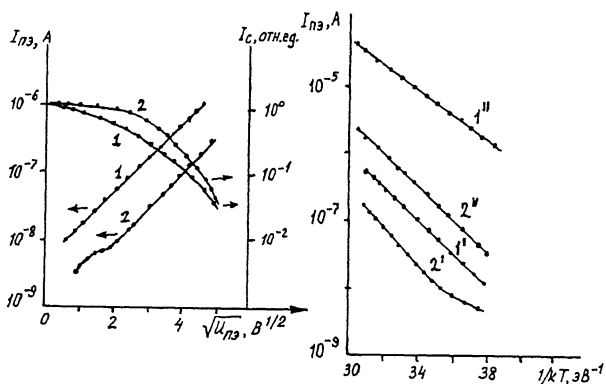


Рис. 1. а) Зависимости тока подложки и стока от напряжения на ПЭ, $T=298\text{K}$. 1 – беспороговые ЭУП, 2 – пороговые ЭУП. б) Температурные зависимости для тока подложки при различных напряжениях на ПЭ: 1', 1'' – беспороговые ЭУП, $U_{пз}=-1$ В и $U_{пз}=-25$ В соответственно; 2', 2'' – пороговые ЭУП с $U_{пз}=-4$ В и $U_{пз}=-6$ В соответственно (пороговое напряжение, $U_{пз}^*$, равно -4 В).

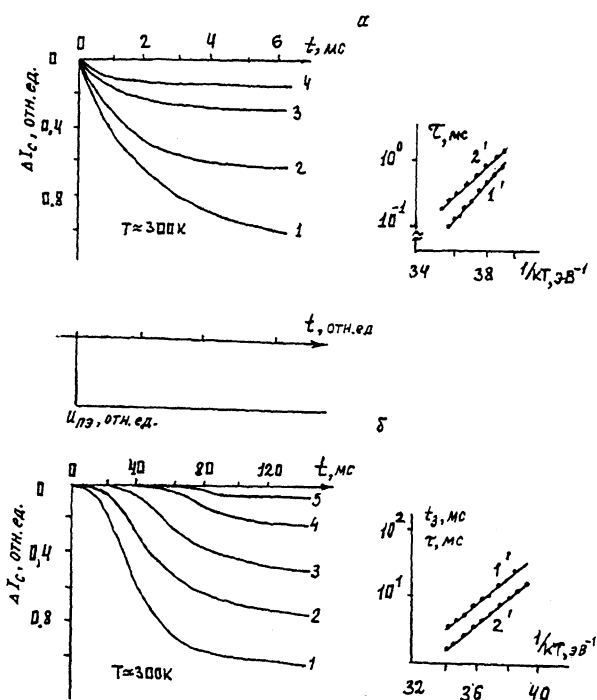


Рис. 2. Временная диаграмма тока стока и температурная зависимость времени релаксации тока стока при импульсном характере напряжения на ПЭ: а) беспороговые ЭУП: 1 - $U_{пэ} = U_{отс}$, 2 - $U_{пэ} = -0.8 \cdot U_{отс}$, 3 - $U_{пэ} = 0.3 \cdot U_{отс}$, 4 - $U_{пэ} = 0.15 \cdot U_{отс}$; 1' - $U_{пэ} = 0.9 \cdot U_{отс}$, 2' - $U_{пэ} = 0.2 \cdot U_{отс}$; б) пороговые ЭУП: 1 - $U_{пэ} = U_{отс}$, 2 - $U_{пэ} = 0.8 \cdot U_{отс}$, 3 - $U_{пэ} = 0.7 \cdot U_{отс}$, 4 - $U_{пэ} = 0.5 \cdot U_{отс}$, 5 - $U_{пэ} = 0.3 \cdot U_{отс}$, где $U_{отс}$ - напряжение на ПЭ, перекрывающее канал ПТШ; 1' - $\tau(T)$, 2' - $t_3(T)$, 1', 2' - $U_{пэ} = 0.9 \cdot U_{отс}$.

два основных типа проявлений ЭУП: ЭУП с беспороговыми и пороговыми характеристиками.

Для беспороговых ЭУП (рис. 1, кривые 1) установлено, что причиной модуляции проводимости канала ПТШ является накопление отрицательного заряда в подложке вблизи границы раздела канал-подложка из-за эмиссии дырок с ловушек с энергией ~ 0.7 эВ по механизму Френкеля-Пула ($g \cdot \beta_{PF} \approx 4 \cdot 7 \cdot 10^{-4}$ эВ⁻¹В^{-1/2}см^{1/2}). Анализ процессов релаксации тока стока при импульсном характере напряжения на паразитном электроде (ПЭ) в условиях различных температур образцов выявил активационный характер процессов релаксации тока стока. С учетом деформации потенциала ловушек в сильных электрических полях показано, что и в динамическом режиме

ток в канале ПТШ контролируется акцепторными ловушками с энергией 0.70–0.75 эВ (рис. 2, а),

При пороговых проявлениях ЭУП на зависимостях тока подложки от напряжения на паразитном электроде регистрируются участки с линейной и сильной полевыми зависимостями (рис. 1, кривая 2). Участок с линейной зависимостью для тока подложки соответствует области напряжений на ПЭ, практически не влияющих на ток стока, а ток подложки контролируется донорным центром с энергией ~ 0.33 эВ. На участке напряжений на ПЭ, соответствующих значительной паразитной модуляции проводимости канала ПТШ, зависимость тока подложки, как и в беспороговом случае, определяется эмиссией дырок с акцепторных центров с энергией ~ 0.7 эВ по механизму Френкеля – Пула, а накопление отрицательного заряда на акцепторах в окрестности границы раздела канал–подложка приводит к модуляции проводимости канала. В динамических характеристиках существование донорного центра проявляется в пороговых ЭУП во временной задержке основного процесса модуляции проводимости канала ПТШ, если напряжение на ПЭ превышает пороговое значения (рис. 2, б). Длительность задержки определяется соотношением времен генерационно-рекомбинационных процессов с участием глубоких доноров и акцепторов. Целенаправленный выбор глубокой донорной примеси может рассматриваться как способ повышения порогового напряжения ЭУП до значений, допустимых требованиями со стороны ИС.

Поступило в Редакцию
25 апреля 1991 г.