

06.2

© 1991

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ БАТЬЕРА ШОТТКИ НА ЧАСТОТНУЮ ДИСПЕРСИЮ КРУТИЗНЫ ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА С БАТЬЕРОМ ШОТТКИ

В.А. Гергель, Э.А. Ильичев,
Э.А. Полторацкий, А.В. Родионов,
С.П. Тарнавский, А.В. Федоренко

До настоящего времени не установлены причины существенного различия между расчетными и экспериментальными значениями крутизны ПТШ на δ -легированных структурах в GaAs [1, 2]. В проведенных нами исследованиях [3] было установлено снижение подвижности электронов при приближении δ -легированного слоя к свободной поверхности и заметное влияние ловушек на параметры приборных структур. С целью уточнения природы отличий расчетного и реальных значений крутизны ПТШ представляется эффективным использование малосигнальных режимов измерений их характеристик.

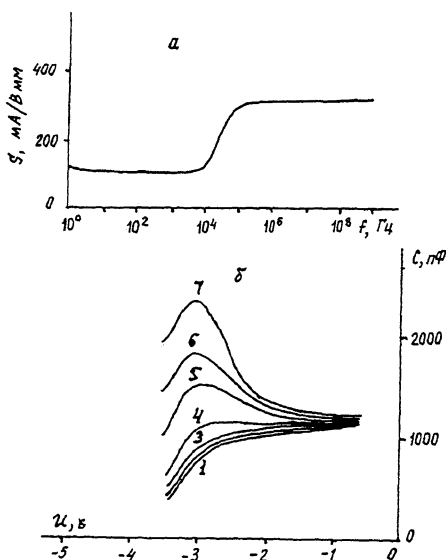


Рис. 1. а - зависимость крутизны от частоты (малосигнальный режим); б - вольтфарадные характеристики БШ на δ -легированной структуре при различных частотах тестового сигнала, Гц: 1 - $2 \cdot 10^5$, 2 - 10^5 , 3 - $2 \cdot 10^4$, 4 - $8 \cdot 10^3$, 5 - $5 \cdot 10^3$, 6 - $4 \cdot 10^3$, 7 - $2 \cdot 10^3$.

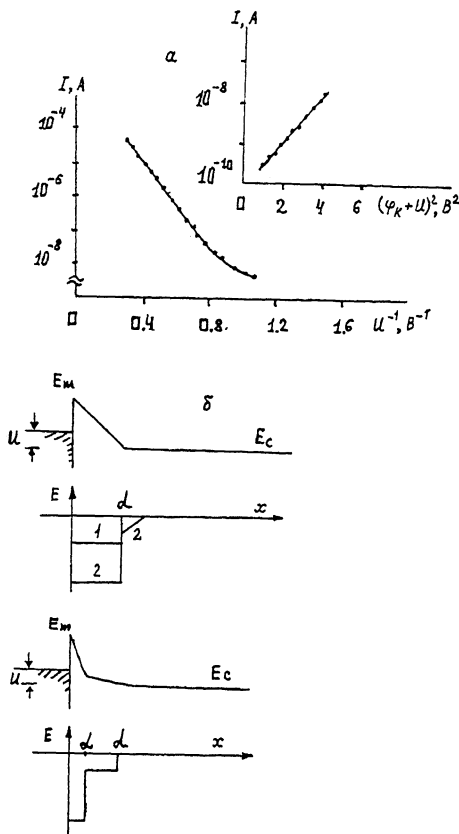


Рис. 2. а - вольтамперная характеристика БШ на δ -легированной структуре, $T = 300$ К, б - энергетическая диаграмма и распределение электрического поля под затвором идеального ($\delta 1$) и реального ($\delta 2$) δ -ПТШ: 1 - $|V| < |V_{\delta}|$, 2 - $|V| > |V_{\delta}|$, где V_{δ} - напряжение полного обеднения δ -слоя.

В частности, выполненные в диапазоне тестовых частот $10^1 - 10^9$ Гц в малосигнальном режиме измерения крутизны δ -ПТШ (рис. 1, а) показали резкое уменьшение крутизны в окрестности частот $5 \cdot 10^4$ Гц; в области частот больших 10^5 Гц значения собственной крутизны приближаются к расчетным (450 мА/В мм). Как показывают результаты $C-V$ измерений (рис. 1, б), причиной частотной дисперсии малосигнальной крутизны является участие в процессе модуляции проводимости ловушек. Вклад ловушек определяется их энергией и частотой тестового сигнала, $\omega\tau \sim \exp(Et/kT)$. Энергия активации, определенная из $C-V$ измерений (диапазон температур 300-400 К) в области максимума емкости на низкочастотной $C-V$ характеристике, составляет ~ 0.2 эВ.

Представленные результаты удовлетворительно объясняются в рамках модели, предполагающей локализацию упомянутых ловушек в приповерхностных слоях структуры до глубин $\alpha < \frac{C_B}{C_H} \cdot d$, где C_B - высокочастотная емкость, совпадающая с расчетной емкостью БШ, d - глубина залегания δ -легированного слоя, α - толщина приповерхностного слоя с ловушками, $\alpha \leq 150 \text{ \AA}$. Такой характер залегания ловушек ($\alpha \leq 150 \text{ \AA}$) указывает на возможность реализации туннельного механизма протекания электронов из металла в полупроводник.

На рис. 2 представлены ВАХ БШ на δ -легированных структурах при обратных смещениях, подтверждающие туннельный механизм протекания тока через барьер, а измерения ВАХ, выполненные в диапазоне температур 300-400 К, показывают, что энергия активации монотонно уменьшается с ростом напряжения обратного смещения. При напряжении, соответствующему пику низкочастотной емкости на $C-V$ зависимости, энергия активации равна ~ 0.2 эВ.

Расчеты, проведенные в рамках модели, представленной на рис. 2, б, позволили получить зависимости для тока БШ в следующих случаях.

а) Когда доминирует перенос носителей с энергией выше уровня Ферми металла,

$$j = \frac{em(kT)^2}{2\pi^2\hbar^3} \cdot \exp \left[\frac{-(E_m - F)}{kT} + \frac{1}{3kT} \cdot \left(\frac{e\hbar \cdot (\varphi_k - V)}{2\alpha kT \cdot \sqrt{2m^*}} \right)^2 \right].$$

б) Когда доминирует перенос носителей с энергией, близкой к уровню Ферми ($\sim kT$),

$$j \approx \frac{em(kT)^2}{2\pi^2\hbar^3} \cdot \exp \left[-\frac{4\alpha}{3} \cdot \frac{\sqrt{2m^*}}{e\hbar} \cdot \frac{(E_m - F)^{3/2}}{\varphi_k - V} \right].$$

Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными (рис. 2). Зависимость энергии активации от напряжения обратного смещения имеет вид $E_{акт} = E_m - F - \left[\frac{e\hbar \cdot (\varphi_k - V)}{2\alpha kT \sqrt{2m^*}} \right]^2$ и подтверждается экспериментом (рис. 2, а), а энергия ловушек ~ 0.6 эВ.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Schubert E.F., Plog K. // Japanese J. of Appl. Physics. 1985. V. 24. N 8. P. L608-L610.
- [2] Gallium Arsenide and Related Compounds. 1990, Bristol, Philadelphia, New York, 1991. P.401-406.
- [3] Ильичев Э.А., Родионов А.В., Свешников Ю.Н., Федоренко А.В. // Электронная промышленность. 1990. В. 3. С. 27-30.

Поступило в Редакцию
25 апреля 1991 г.