

## Туннелирование сильно неравновесных носителей в транзисторах традиционной структуры

С.Э. Тягинов<sup>1,2</sup>, Д.С. Осинцев<sup>1,3</sup>, Ю.Ю. Илларионов<sup>1,2</sup>, J.M. Park<sup>4</sup>, Н. Enichlmair<sup>4</sup>,  
М.И. Векслер<sup>2</sup>, Т. Grasser<sup>1</sup>

<sup>1</sup>TU Vienna, Institute for Microelectronics, 27-29 Gusshausstr., 1040 Vienna, Austria

<sup>2</sup>ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Политехническая ул. 26, СПб 194021, Россия

<sup>3</sup>ВолгГТУ, пр. Ленина 28, Волгоград 400131, Россия

<sup>4</sup>ams AG, Tobelbader Str. 30, A-8141 Unterpremstaetten, Austria

тел: +43 1 58801-36035, эл. почта: ill-88@mail.ru

Исследуется туннелирование сильно неравновесных носителей через диэлектрический слой полевого транзистора традиционной структуры, изготовленного по стандартному 0.35 мкм КМОП процессу с толщиной слоя SiO<sub>2</sub> 15.6 нм, рис. 1.

Плотности токов, зона проводимости-металл  $J_{cm}$  и валентная зона-металл  $J_{vm}$  рассчитываются в ВКБ-приближении по стандартным формулам [1]. Помимо вероятности прохождения носителей через слой SiO<sub>2</sub>, туннельный ток определяется разностью чисел заполнения в затворе и подложке. В равновесном случае они вычисляются с помощью функции распределения Ферми-Дирака. Однако в сильно неравновесном случае (большой ток стока-истока) функция распределения должна находиться как решение транспортного уравнения Больцмана, для чего используется Монте-Карло симулятор MONJU [2].

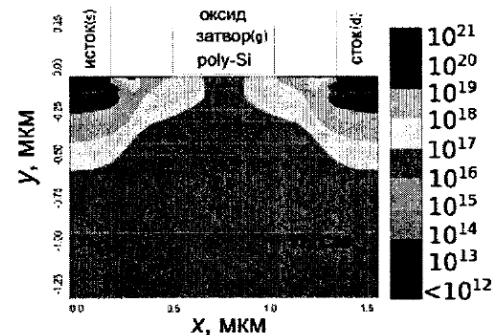


Рис. 1. Конфигурация MOSFET 0.35 мкм.

Рассчитанная плотность тока  $J_{cm}$  зависит как от напряжения затвора, так и от напряже-

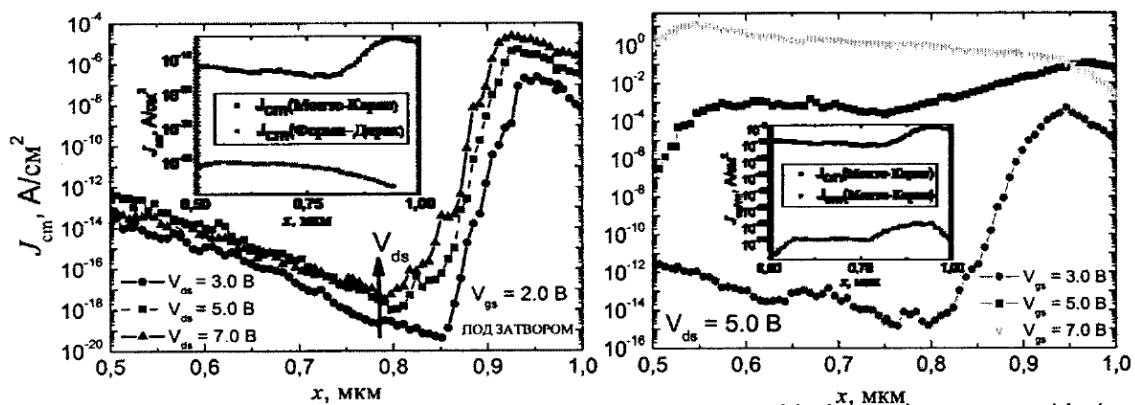


Рис. 2. Плотность тока  $J_{cm}$  в зависимости от напряжения стока  $V_{ds}$  (слева) и затвора  $V_{gs}$  (справа).

ния стока (рис. 2). При этом характерные значения  $J_{cm}$ , вычисленные в неравновесном приближении значительно больше, чем для равновесия (рис. 2а, вставка). Компонента  $J_{vm}$  пренебрежимо мала по сравнению с  $J_{cm}$  из-за асимметрии барьеров для электронов и дырок (рис. 2б, вставка). Таким образом, для прибора реальной конфигурации показано, что в неравновесии, вследствие разогрева носителей, происходит их инжекция даже через толстые диэлектрические слои.

### Литература

[1] М.И. Векслер, С.Э. Тягинов, Ю.Ю. Илларионов и др., ФТП, **47**, 675 (2013).

[2] C. Jungemann et al, *Hierarchical Device Simulation*, Springer, Wien/NY (2003).