

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДРЕЙФОВОЙ СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОНОВ В GaAs/Al_xGa_{1-x}As ГЕТЕРОСТРУКТУРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО

В. Н. Мищенко

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, Минск
E-mail: mishchenko@bsuir.by

Исследование процесса переноса электронов для гетероструктурных соединений, сформированных из полупроводниковых материалов группы A^{III}B^V, продолжает оставаться актуальной задачей, которая связана с разработкой быстродействующих приборов диапазонов СВЧ и КВЧ. Для анализа процессов переноса электронов в полупроводниковых приборах с квантовыми ямами обычно используется процедура решения уравнения Шредингера совместно с решением уравнения Пуассона [1–3]. Однако ряд вопросов, связанных с формированием таких зон и особенностями электронного транспорта в реальных приборах, продолжает оставаться не изученным.

Разработана программа моделирования процессов переноса электронов в GaAs/Al_xGa_{1-x}As структуре с использованием уравнений Шредингера и Пуассона [5]. В разработанной программе для материалов GaAs и Al_xGa_{1-x}As были учтены наиболее важные механизмы рассеяния: на полярных оптических фононах, на примесях, на акустических фононах, междолинное рассеяние между эквивалентными и неэквивалентными долинами. С использованием процедуры метода Монте-Карло были исследованы свойства гетероструктуры, образованной соединением материалов GaAs/Al_xGa_{1-x}As при величине молярной доли алюминия $x = 0,3$. Величина температуры принималась равной 300 К, концентрация электронов в нелегированных слоях – $n_0 = 1 \times 10^{15} \text{ см}^{-3}$.

Зависимость средней дрейфовой скорости электронов от напряженности электрического поля, полученная путем моделирования для GaAs/Al_xGa_{1-x}As гетероструктуры, представлена кривой 3 на рис. 1. Результаты моделирования показали удовлетворительное соответствие экспериментальным данным из [6] для GaAs/Al_xGa_{1-x}As гетероструктуры при $x = 0,3$ и $n_0 = 1 \times 10^{15} \text{ см}^{-3}$ (кривая 4, рис.1). Получены и исследовались аналогичные зависимости для отдельных объемных структур из GaAs (кривая 1, рис. 1) и Al_xGa_{1-x}As (кривая 2, рис. 1). При моделировании кривых 2 и 3 (рис. 1) использовались значения основных электрофизических параметров материала Al_xGa_{1-x}As и параметры модели его зоны

проводимости, представленные в [4], однако учитывались значения коэффициентов непараболичности для боковых долин X и L .

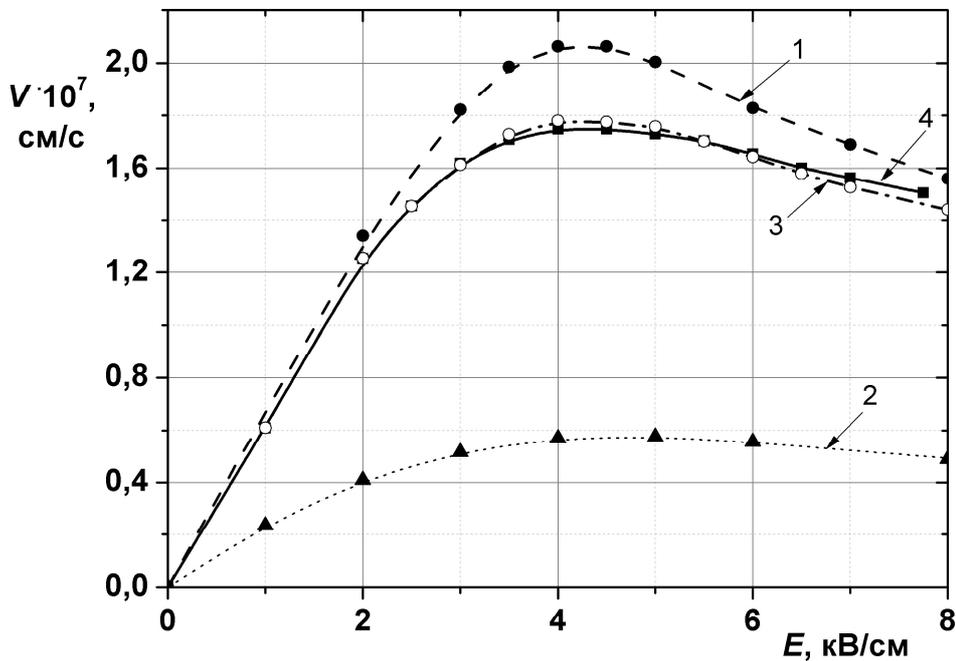


Рис. 1. Зависимость дрейфовой скорости электронов от напряженности электрического поля

Значение константы междолинной связи D_{GL} из долины G в долину L принималось равным $2,185 \cdot 10^9$ эВ/см. Остальные константы междолинной связи равнялись: $D_{GX} = 0,624 \cdot 10^9$ эВ/см, $D_{LX} = 0,624 \cdot 10^8$ эВ/см, $D_{XX} = 0,321 \cdot 10^9$ эВ/см, $D_{LL} = 1,561 \cdot 10^9$ эВ/см. Выполненные исследования позволяют оценить основные выходные параметры субмикронных транзисторов, образованных соединением материалов GaAs и $Al_xGa_{1-x}As$, а также рассмотреть направления оптимизации такого рода структур в диапазонах СВЧ и КВЧ.

1. Шур М. Современные приборы на основе арсенида галлия: пер. с англ. М.: Мир, 1991. 632 с.
2. Yokoyama K., Hess K. // Physical Review B. 1986. V. 33, №.8. P. 5595–5606.
3. Хокни Р., Иствуд Дж. Численное моделирование методом частиц: пер с английск. М.: Мир, 1987. 640 с.
4. Hava S., Auslender M. // Journal of Applied Physics. 1977. V. 48. N. 11. P. 4587–4590.
5. Мищенко В. Н. // Квантовая электроника: Матер. 9-й Междунар. конф. Мн.: БГУ, 2013. С. 80–82.
6. Masselink W. T., Kueech T. F. // Journal of Electronic Materials. 1989. V. 18. No. 5. P. 579–584.