

ОДНОЗОННАЯ САМОСОГЛАСОВАННАЯ МОДЕЛЬ РЕЗОНАНСНО-ТУННЕЛЬНОГО ДИОДА

Москалюк В.А., Федяй А.В., E-mail: artem.fedyay@gmail.com,
Национальный Технический Университет Украины
«Киевский Политехнический Институт»

В среде Matlab реализована численная модель резонансно-туннельного диода (РТД), основанная на формализме волновых функций. Процесс самосогласования производится как в «квантовой», так и в «классической» области. Первые результаты моделирования показывают устойчивость и адекватность модели при различных физико-топологических параметрах РТД. Рассчитываются функция распределения электронов, потенциал, функция прозрачности квантовой области, ВАХ, существует возможность их графического отображения.

SINGLE-BAND SELF-CONSISTENT MODEL OF RESONANT TUNNELING DIODE

Single-band model of resonant-tunneling diode based on wave functions' formalism has been proposed. Self-consistence is being fulfilled both in quantum and classical regions. First modeling results shows stability and adequateness of the model in various physical and topological parameters of RTD. Distribution function, potential, transmission coefficient, I-V characteristics are being calculating. There is a possibility of their graphical representation.

Резонансно-туннельный диод (РТД) – один из наиболее перспективных компонентов твердотельной электроники [1]. Его рабочие частоты как отдельного компонента уверенно пересекают терагерцовую область частот. Наряду с проблемами создания качественных структур РТД, все еще остается актуально проблема адекватного, устойчивого и быстрого моделирования этого компонента.

Путь улучшения адекватности и точности моделей РТД проходил через учет зонной структуры гетерослоев, составляющих диод, процедуру взаимного согласования потенциала и накопленного заряда, а также учет процессов рассеяния [2]. Последовательный учет всех указанных факторов обычно приводит к необычайной сложности процедуры моделирования. Нередко также отмечались внутренняя противоречивость созданной модели (например, не выполнялся закон сохранения заряда). В таких условиях должны быть использованы корректные численные методы. В данной работе выполнены 2 условия, которые являются залогом успешного моделирования РТД:

- учет наиболее значимых физических процессов;
- реализация модели посредством специально разработанных быстрых и надежных численных методов.

Основу модели составляет система интегро-дифференциальных уравнений: уравнения для концентрации электронов как интеграла от функции распределения, а также уравнение для потенциала Хатри.

Данная модель выгодно отличается от предложенной, например, в [3] тем, что процедура самосогласования производится не только в двухбарьерной квантовой системе, но и в области спейсеров и даже части высоколегированных областей. Это, безусловно, добавляет ей адекватности.

Структура тестового РТД показана на рис.1. Все нелегированные области и часть высоколегированных областей составляют так называемую «активную область», где происходят все наиболее интересные с точки зрения функционирования диода процессы.

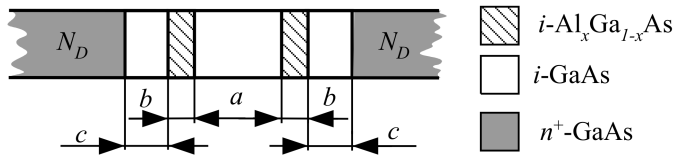


Рис. 1. Топология резонансно-туннельного диода.

Размеры на рис. 1 следующие: толщина барьеров $b = 3$ нм, толщина ямы $a = 4$ нм, толщина спейсеров $c = 5$ нм. Концентрация донорной примеси в «резервуарах» $N_D = 10^{24}$ м⁻³, молярная доля Al в $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ $x = 0.33$. Нижеследующие графики предполагают, что структура, которая изображена на рис. 1, симметрична относительно точки $z = 50$ нм.

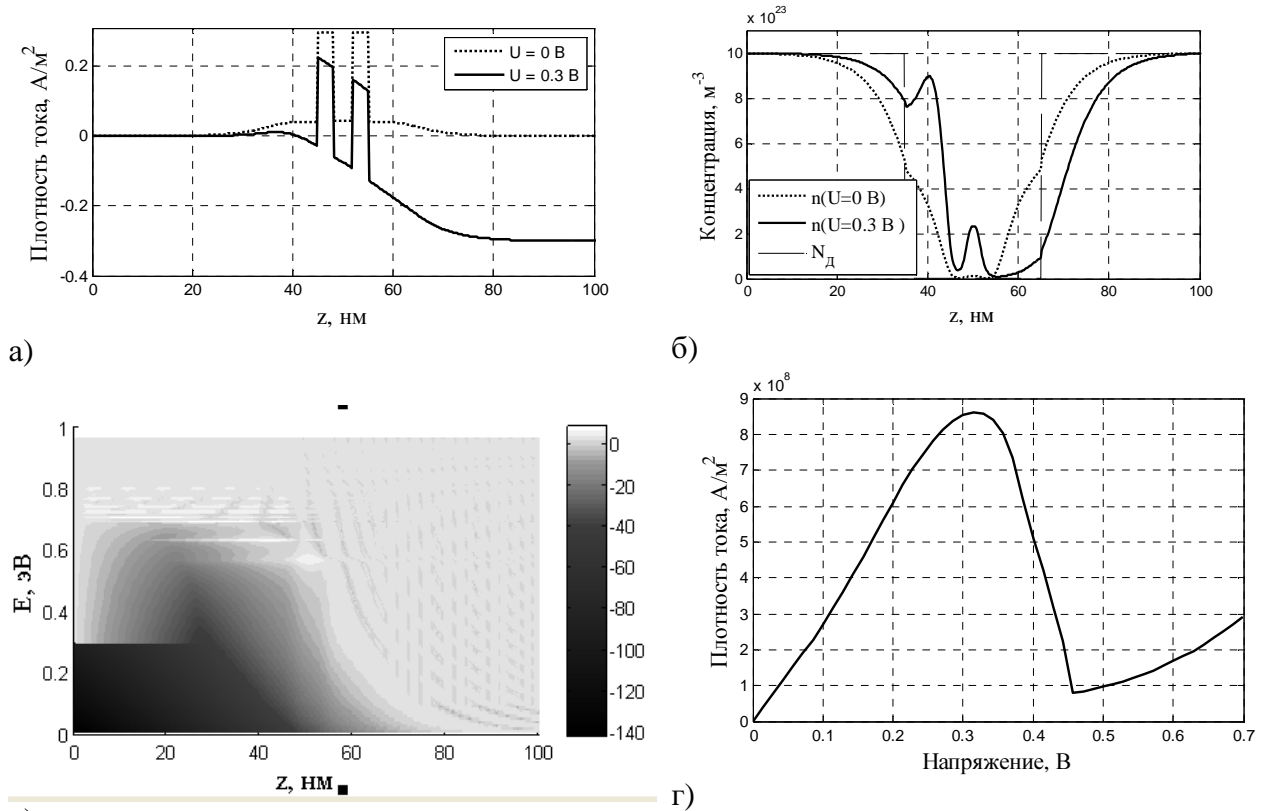


Рис. 2. Распределение основных физических величин в РТД: потенциала (а), концентрации электронов n и доноров N_D (б), распределение величины, пропорциональной логарифму плотности состояний при напряжении 0.7 В (в), ВАХ РТД (г).

Литература

- 1 Алферов Ж.И. и др. Наноматериалы и нанотехнологии // Микросистемная техника. – 2003. – N 8. – С.3-13.
2. Sun J.P. et. al. Resonant tunneling diodes: models and properties // Proceedings of IEEE. – 1998. - Vol. 86. – P. 641-661.
3. Абрамов И.И., Гончаренко И.А. Численная комбинированная модель резонансно-туннельного диода // Электромагнитные волны и электронные системы. - 2002. - №7. - С. 54-60.