

Численное моделирование униполярных InGaAs/AlGaAs гетероструктур с ударной ионизацией для создания эффективных светоизлучающих приборов

С. О. Слипченко, О. С. Соболева, Н. В. Воронкова, Л. С. Вавилова, Н. А. Пухтин

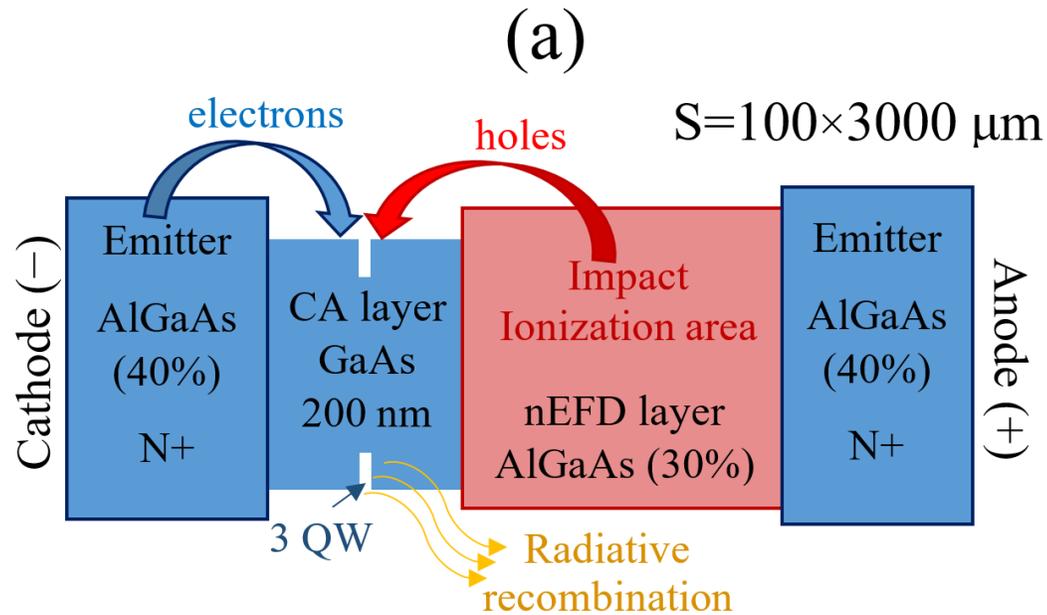


Рис. 1 – Схематическое изображение, демонстрирующее принцип работы прибора
CA layer – carrier accumulation layer
nEFD layer – low doped n-type Electric Field Domain layer

- В рассматриваемой изотипной (n-типа) гетероструктуре носители противоположного знака генерируются за счет ударной ионизации в домене электрического поля. Для реализации условий эффективной излучательной рекомбинации *предложена* конструкция, включающая низколегированный n_0 слой для накопления неравновесных носителей (CA layer) с квантоворазмерной активной областью, и низколегированный n_0 слой, в котором формируется домен электрического поля и генерируются неравновесные носители (nEFD layer). В работе [1] экспериментально показана возможность генерации спонтанного излучения в структурах похожего типа.

Моделирование излучательных характеристик

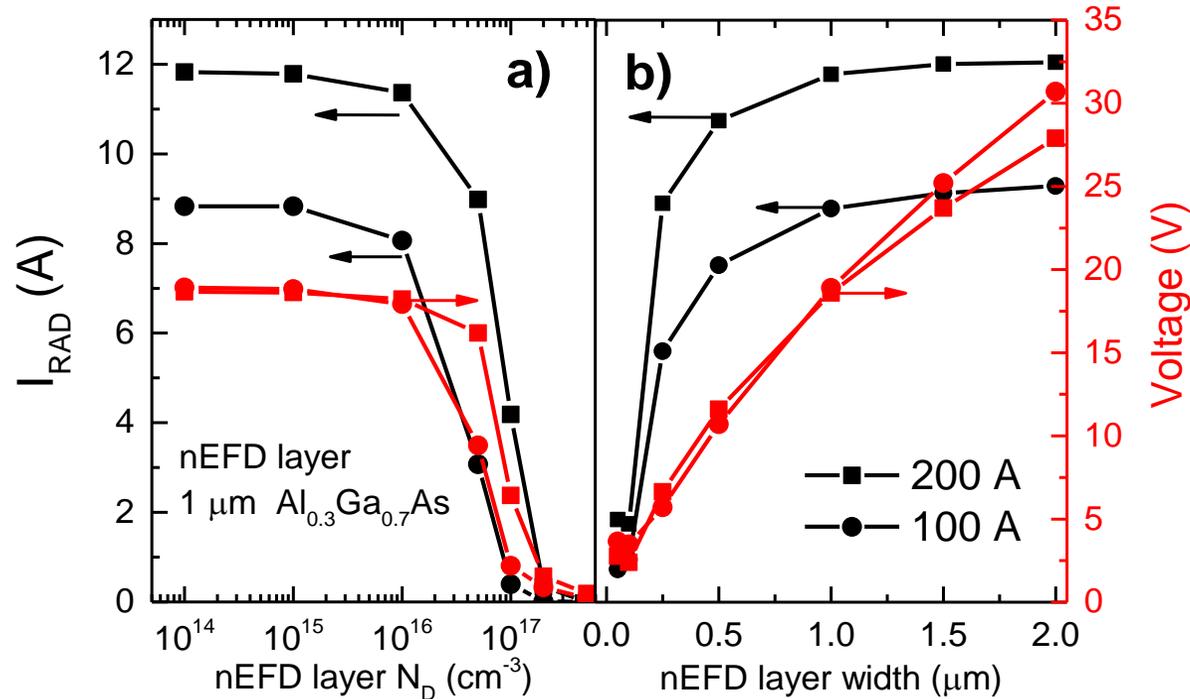


Рис. 2 – Зависимость тока излучательной рекомбинации и напряжения на структуре от (а) легирования и (б) толщины слоя формирования домена электрического поля для токов 100 и 200 А.

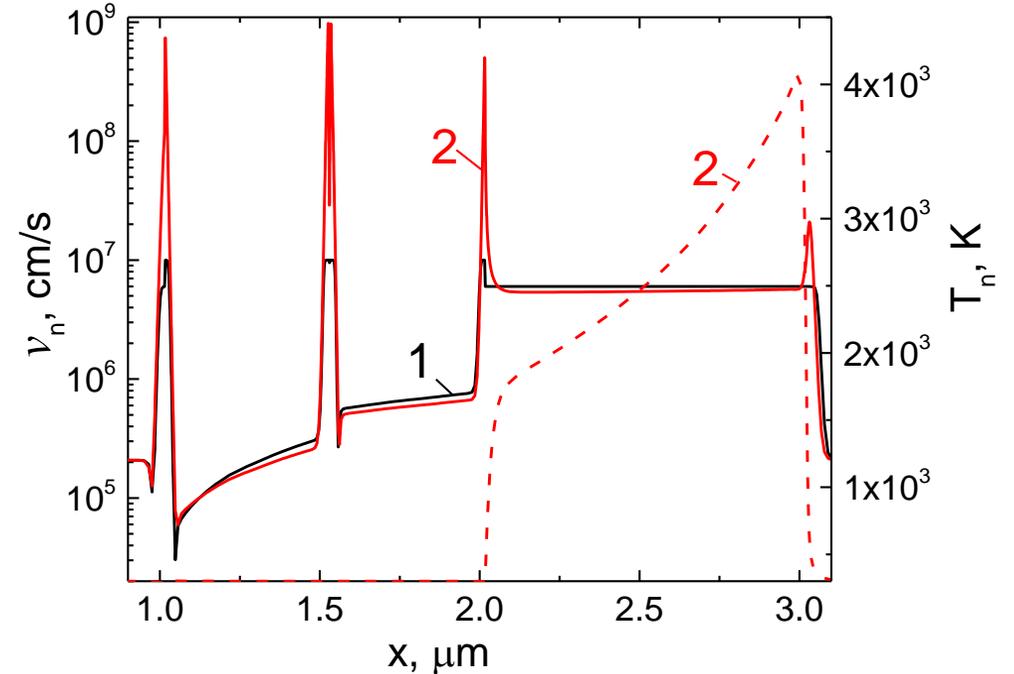


Рис. 3 – Распределения дрейфовой скорости и температуры носителей в исследуемой гетероструктуре в различных моделях: 1 – дрейф-диффузионная модель, 2 – модель энергетического баланса [2], [3].

[2] Slipchenko, S. O., Soboleva, O. S., & Pikhtin, N. A. (2021). Unipolar Quantum Well InGaAs/AlGaAs Heterostructures With Impact Ionization for Efficient Low-Voltage Light-Emitting Devices. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 68(6), 2823-2828.

[3] Соболева, О. С., Слипченко, С. О., & Пихтин, Н. А. (2021). Изотипные гетероструктуры n-AlGaAs/n-GaAs, оптимизированные для эффективной межзонной излучательной рекомбинации при накачке электрическим током. *Физика и техника полупроводников*, 55(5), 427-433.

Выводы

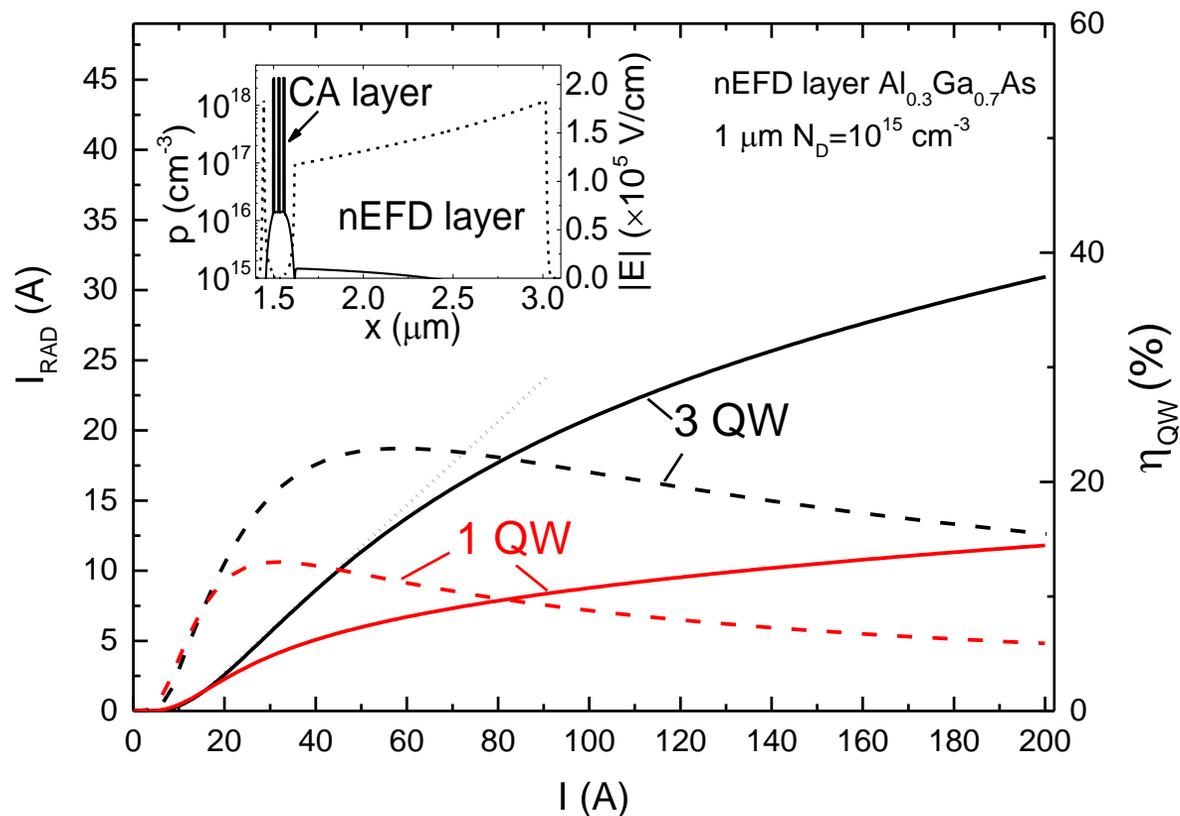


Рис. 4 – Зависимость рекомбинационного тока в активной области от тока накачки для структур с различным числом квантовых ям (QW) (сплошные линии) и эффективность излучательной рекомбинации в активной области (пунктир). На вставке показано распределение концентрации дырок (сплошная) и напряженности электрического поля (пунктир) в структурах с различным числом квантовых ям при токе 20 А.

- Возможность создания светоизлучающих источников на основе изотипных гетероструктур
- Результаты могут быть распространены на другие материалы, например, HgCdTe, AlGaIn, где есть сложность с получением р-типа легирования
- По результатам моделирования показано, что эффекты насыщения скорости дрейфа и “velocity overshoot” играют существенную роль в работе прибора, т.о. модель энергетического баланса точнее описывает транспорт в исследуемой структуре.
- Мы показали, что для снижения эффекта насыщения тока излучательной рекомбинации необходимо увеличение числа КЯ, так, при увеличении числа КЯ до 3 был получен ток излучательной рекомбинации 30 А (при токе накачки 200 А) и максимальная внутренняя квантовая эффективность 23% при токе 50-60 А (рис. 4). Рассматривалось только спонтанное излучение в активной области.