Анализ пространственно-временной динамики тока в гетероструктурах через поглощение на свободных носителях заряда

**Гаврина П. С.¹, Соболева О. С.¹, Подоскин А. А.¹, Романович Д. Н.¹, Головин В. С.¹,
Лютецкий А. В.¹, Слипченко С. О.¹, Пихтин Н. А.¹, Багаев Т. А.², Ладугин М. А.²,
Мармалюк А. А.², Симаков В. А.²**

¹ ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26

² НИИ «Полус» им. М. Ф. Стельмаха, Москва, ул. Введенского, д. 3, корп. 1

DOI 10.34077/Semicond2019-158

Пространственная локализация тока является одной из наиболее распространённых проблем сильноточных полупроводниковых приборов. При этом существующие методы в большинстве своём не рассчитаны на исследование пространственно-временной динамики тока в низковольтных эпитаксиальных гетероструктурах, для которых характерно распространение включённого состояния.

Предлагается методика, позволяющая оценивать такие численные параметры локализации тока как концентрация носителей заряда и скорость их распространения. Идея состоит в наблюдении модуляции проходящего через исследуемый кристалл излучения от внешнего источника поглощением на свободных носителях заряда. При этом максимальная глубина модуляции будет в области с повышенной концентрацией носителей. Фиксация динамики прошедшего через кристалл излучения производится с помощью быстродействующего фотодетектора, что позволяет исследовать переходные процессы в нс- масштабе времени. Аналогичный подход был продемонстрирован в работе [1] для оценки оптических потерь в мощных полупроводниковых лазерах. В разрабатываемой методике предусмотрено наличие не только временного, но и пространственного разрешения на уровне единиц микрон, что позволяет с достаточной точностью определять положение токовых шнуров и оценивать скорость их распространения.

Методика апробирована на полупроводниковых лазерах-тиристорах полосковой конструкции [2,3], в которых ранее с помощью светочувствительной камеры наблюдалась локализация тока вблизи краёв полоска [4], возникающая из-за конструктивных особенностей расположения контактов управления и наличия интенсивной ударной ионизации при включении прибора. Применение в качестве зондирующего излучения полупроводникового лазера с шириной полоска 5-6 мкм позволило провести пространственное сканирование излучением вдоль торца лазера-тиристора и подтвердить наличие токовой локализации вблизи краёв полоска, что выражалось в модуляции амплитуды сканирующего излучения за счет поглощения на свободных носителях [5]. Кроме того, сканирование вдоль оси резонатора показало, что токовый шнур распространяется на 130 мкм за 20 нс. Важно отметить, что предлагаемая методика универсальна и может быть использована для исследования локализации тока не только в лазерах-тиристорах, но и в других сильноточных приборах.

П.С. Гаврина и О.С. Соболева выражают благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований (договор №18-38-00906 «Закономерности формирования и развития пространственных неоднородностей тока в низковольтных полупроводниковых гетероструктурах с нелинейной обратной связью»).

[1] Д. А. Веселов и др., *Квантовая электроника*, **45**, 604-606 (2015).

[2] V. S. Yuferev et al., *IEEE Transactions on Electron Devices*, **62**, 4091 (2015).

[3] A. A. Podoskin et al., *Semiconductor Science and Technology*, **30**, 125011 (2015).

[4] S. O. Slipchenko et al., *Journal of Applied Physics*, **121**, 054502, (2017).

[5] П. С. Гаврина и др., *Письма в журнал технической физики*, **8**, 7 (2019).