Особенности пространственной локализации тока в изотипных гетероструктурах типа $n^+/n_0/n^+$ GaAs/AlGaAs

Соболева О.С., Слипченко С.О., Подоскин А.А., Юферев В.С., Головин В.С., Гаврина П.С., Романович Д.Н., Мирошников И.В., Пихтин Н.А.

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

DOI 10.34077/Semicond2019-180

Задача генерации мощного импульсного лазерного излучения в полупроводниковых лазерах и лазер-тиристорах подразумевает высокие уровни токовой инжекции порядка 100 кА/см^2 и выше [1, 2], тем не менее процессы транспорта носителей заряда в гетероструктурах в предельных режимах все еще плохо изучены. В данной работе было впервые проведено экспериментальное и теоретическое исследование особенностей пространственного распределения тока в изотипных гетероструктурах при высоких уровнях инжекции.

Для изучения особенностей пространственного распределения тока в изотипных гетероструктурах были изготовлены GaAs/AlGaAs образцы типа $n^+/n_0/n^+$. Гетероструктуры включали последовательно контактный n^+ GaAs слой ($N_d = 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$) толщиной 0.4 мкм, низколегированный n_0 ($N_d = 10^{16} \text{ см}^{-3}$) GaAs слой толщиной 1 мкм, низколегированный n_0 ($N_d = 10^{16} \text{ см}^{-3}$) AlGaAs слой толщиной 1.0 мкм, высоколегированный n^+ ($N_d = 5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$) AlGaAs слой толщиной 0.35 мкм. На поверхности были сформированы AuGe/Ni/Au контакты в форме круга с диаметром $\sim 240 \text{ мкм}$. В области узкозонного GaAs слоя были сформированы 3 квантоворазмерные активные области на основе InGaAs толщиной 7 нм, имеющие пик фотолюминесценции на длине волны 1000 нм.

Исследовались ВАХ гетероструктур в импульсном режиме накачки (длительность импульса 120 нс, частота 10 Гц) и интенсивность выходящего с периметра мезы спонтанного излучения из квантоворазмерных областей. Показано что в случае обратного смещения, когда электроны инжектируются из GaAs в AlGaAs, максимальное напряжение на структуре может достигать 48 В, область отрицательного дифференциального сопротивления на ВАХ отсутствует. При прямом смещении максимальное напряжение составляло порядка 15 В, присутствует область ОДС. Результаты исследования пространственного распределения спонтанного излучения показывают резкое возрастание интенсивности излучения при сверхлинейном росте тока, что свидетельствует о наличии ударной ионизации. Показано наличие неоднородностей в распределении интенсивности излучения по краю мезы (рис.1), т.о. можно сделать вывод о наличии локализации тока в исследуемых гетероструктурах.

Рис.1. – Пространственное распределение интенсивности спонтанного излучения для экспериментальных образцов.

Проведено двумерное моделирование процессов транспорта носителей заряда в пакете Silvaco Atlas с учетом полевой зависимости подвижности носителей заряда и ударной ионизации. Показано наличие доменов сильного электрического поля (10^5 В/см и более) в исследуемых гетероструктурах при прямом и обратном смещении при плотностях тока порядка $10\text{-}30 \text{ кА/см}^2$. Во всех случаях в образовавшихся доменах возникает ударная ионизация, которая может приводить к локализации тока, а в случае прямого смещения и к пробое.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-08-01130А).

[1] Wang X. et al., *IEEE J. Quantum Electron.*, 46, 658 (2010)

[2] Slipchenko S. O. et al., *IEEE Photonics Technol. Lett.*, 27, 307 (2015)