

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ КОНТРОЛЬ СВЕТОДИОДНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР, ВЫРАЩЕННЫХ МЕТОДОМ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКОЙ ГАЗОФАЗНОЙ ЭПИТАКСИИ НА САПФИРЕ

Цзысюань Ли, В.И. Олешко, Л.В. Воробьева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Представлены результаты экспериментальных исследований спектральных и кинетических характеристик импульсной катодо- и фотолюминесценции светодиодных гетероструктур AlGaIn/GaN и InGaIn/GaN, выращенных методом металлоорганической газопазной эпитаксии на сапфире. Изучено влияние плотности энергии сильнофокусированного электронного пучка на спектральные и амплитудные характеристики люминесценции гетероструктур. Исследовано пространственное распределение люминесцентных характеристик по поверхности выращенных пластин. Обнаружено, что в отдельных образцах InGaIn/GaN наблюдается сдвиг максимума спектра стимулированной катодолюминесценции, измеренного в различных точках гетероструктуры. Этот результат объясняется варьированием состава и толщины квантоворазмерной активной области на люминесценцию гетероструктур, что обусловливается неидеальностью технологического процесса выращивания пластин.

Ключевые слова: светодиод, гетероструктура, сверхрешетка, катодо- и фотолюминесценция.

Введение

Полупроводниковые гетероструктуры на основе GaN являются одними из самых перспективных материалов оптоэлектроники [1, 2]. Однако получение структур высокого качества сопровождается целым рядом трудностей. Существенное влияние на свойства слоев и гетероструктуры в целом оказывают неконтролируемые примеси, собственные дефекты и дислокации, образующиеся в кристаллической решетке при выращивании.

Поэтому успешное развитие современной оптоэлектроники определяется созданием технологий, позволяющих выращивать высокосовершенные полупроводниковые гетероструктуры. Люминесцентная диагностика, как известно, позволяет контролировать степень стехиометрии, наличие примесей и дефектов, определять пригодность структур для изготовления источников света [3–8].

В представленной работе методами импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) и импульсной фотолюминесценции (ИФЛ) исследовались светодиодные гетероструктуры на основе AlGaIn/GaN и структуры с квантовыми ямами InGaIn/GaN, выращенные на сапфировых подложках.

Методика эксперимента

Объектом исследований являлись светодиодные гетероструктуры фиолетового (390–420 нм) и синего (450–470 нм) диапазонов длин волн, выращенные методом газопазной эпитаксии их металлоорганических соединений на сапфировых подложках с ориентацией (0001). Гетероструктура AlGaIn/GaN (ГС-1) содержала сверхрешетку (60 пар с содержанием алюминия в AlN – 25%). Гетероструктура InGaIn/GaN (ГС-2) с множественными квантовыми ямами – без сверхрешеток. Возбуждение люминесценции осуществлялось сильнофокусированным электронным пучком (СЭП) и излучением азотного лазера ($\lambda = 337.1$ нм, $\tau = 10$ нс) при температуре 300 К. Плотность энергии СЭП регулировалась в диапазоне от 0.005 до 0.3 Дж/см². Средняя энергия электронов в спектре пучка составляла ~ 250 кэВ, длительность импульса тока ~ 15 нс. Плотность мощности оптического возбуждения составляла 10⁴–10⁵ Вт/см². Регистрация спектров ИФЛ и ИКЛ в различные моменты времени производилась методом «спектр по точкам» с применением монохроматора МДР-23, ФЭУ-84 и осциллографа Tektronix DPO-3034. Интегральные за импульс спектры ИКЛ и ИФЛ (метод «спектр за импульс») регистрировались с помощью оптоволоконного спектрометра AvaSpec-ULS2048CL-EVO-RS (диапазон 190–1100 нм, спектральное разрешение ~ 1.5 нм). Для увеличения спектрального разрешения использовался дополнительный метод регистрации спектра ИКЛ с помощью МДР-23 и цифровой фотокамеры SONY DSLR-A500, которая устанавливалась на выходе монохроматора при снятой выходной щели. В этом случае появлялась возможность регистрации фрагментов спектра ИКЛ, шириной ~ 25 нм за один импульс возбуждения со спектральным разрешением ~ 0.25 нм. Эта методика позволяла с высокой точностью регистрировать сдвиг макси-

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>