

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕТОДИОДОВ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР ИЗ ШИРОКОЗОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

А.А. Бактыбаев, С.Б. Туранов

Научный руководитель: к. ф.-м. н. И.А. Прудаев
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: mr.baktybayev@gmail.ru

Исследовались гетероструктуры на основе квантовых ям из растворов InGaN, а также светодиодные структуры на основе твердого раствора AlGaInP. Измерены и проанализированы спектры электролюминесценции светодиодных гетероструктур. Выявлено различное влияние внутренних электрических полей квантовых ям в этих гетероструктурах на спектры электролюминесценции.

Исследовались два типа светодиодных гетероструктур: 1) структуры синего свечения, активная (излучающая) область которых состояла из набора квантовых ям – слоев твердого раствора InGaN толщиной 2–3 нм, разделенных барьерными слоями GaN; 2) структуры желтого свечения с квантовыми ямами из твердого раствора $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{P}$ толщиной 7 нм и барьерными слоями из AlGaInP. Спектры электролюминесценции измерялись при температурах 10–300 К. В отличие от диодов на основе твердого раствора AlGaInP, в светодиодах на основе InGaN в области низких температур наблюдается сложный вид спектра. Его можно представить как серию максимумов. При повышении температуры различные максимумы объединяются в один и становятся неотличимыми.

Форма спектров электролюминесценции светодиода на основе InGaN при 300 К и InGaP при 10 и 300 К соответствуют теоретическим представлениям: в области коротких волн спад обусловлен статистикой Ферми-Дирака; в области длинных волн определяется изменением оптической плотности состояний.

Следует отметить, что для светодиода с квантовыми ямами из InGaN при температурах ниже 200 К наблюдалось существенное расхождение экспериментальной и расчетной характеристик. Для светодиодов на основе InGaP удовлетворительное согласие кривых наблюдается в более широком интервале температур ($T = 100\text{--}300$ К). Для светодиодов с квантовыми ямами из InGaN наблюдается сильный коротковолновый сдвиг максимума спектров (около 5 нм при каждой температуре). В квантовых ямах InGaN существует встроенное пьезоэлектрическое поле, которое приводит к увеличению длины волны излучения светодиода [1]. В условиях эксперимента, при высокой плотности тока, в области квантовых ям повышается концентрация неравновесных носителей заряда, которые экранируют встроенное электрическое поле. Таким образом, при увеличении плотности тока происходит обратный процесс – уменьшение длины волны излучения. Для светодиодов на основе InGaP коротковолновый сдвиг не превышает 2–2,5 нм и может быть связан с флуктуациями состава и заполнением уровней с более высоким значением энергии.

Исходя из полученных экспериментальных данных, можно сделать вывод, что спектры электролюминесценции светодиодов на основе квантовых ям из InGaP, могут быть удовлетворительно описаны при помощи известных моделей электролюминесценции p – n -гомопереходов в области температур 100–300 К. При более низких температурах спектры оказываются несколько шире, что, как указывалось в работе [2], может быть связано с флуктуациями состава либо ширины ям.

Список литературы

1. Шуберт Ф. Светодиоды. – М. : Физматлит, 2008. – 496 с.
2. Chen N.C., Lien W.C., Yang Y.K. et al. // Spectral shape and broadening of emission from AlGaInP LEDs // Appl. Phys. Let. – 2012. – Vol. 100. – P. 111–106.