

УДК 535.15

Особенности электролюминесценции светодиодных гетероструктур InAs/InAsSb/InAsSbP

Ружеви́ч М.С. (Университет ИТМО), Семакова А.А. (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)
Научный руководитель – доктор физико-математических наук Мынбаев К.Д.
(Университет ИТМО)

В работе представлены результаты исследования спектральных характеристик гетероструктур n -InAs/InAs_{1-x}Sb_x/p-InAsSbP в зависимости от состава активной области ($0.07 \leq x_{InSb} \leq 0.125$) и температуры (4.2–300 К). Определено формирование гетероперехода II типа на гетерогранице InAsSb/InAsSbP с различной величиной разрывов энергетических зон для всех составов твёрдого раствора InAs_{1-x}Sb_x. Рассмотрены основные каналы излучательной рекомбинации в гетероструктурах в зависимости от температуры.

Введение.

Гетероструктуры на основе твёрдых растворов InAs(Sb,P) с шириной запрещенной зоны, соответствующей энергии квантов среднего инфракрасного диапазона (2–6 мкм), широко используются в оптоэлектронных приборах, предназначенных для определения концентрации ряда важных газов (CO₂, CH₄, NO₂ и т.д.), чьи полосы поглощения лежат в данном спектральном интервале. Увеличение мольной доли антимолида индия в твёрдом растворе InAsSb, необходимое для продвижения в длинноволновую область спектра, приводит к росту несоответствия параметров решетки слоя InAsSb и подложки InAs. Это оказывает влияние на формирование гетерограницы InAsSb/InAsSbP и приводит к возникновению дополнительных каналов излучательной рекомбинации, требующих изучения.

Основная часть.

Исследуемые гетероструктуры n -InAs/InAs_{1-x}Sb_x/p-InAsSbP были выращены методом газовой эпитаксии с использованием металлорганических соединений на нелегированных подложках InAs. В качестве легирующей акцепторной примеси для барьерного слоя InAsSbP применялся цинк. Спектры ЭЛ гетероструктур регистрировались при импульсном возбуждении с частотой 1 кГц и длительностью импульса 2 мкс охлаждаемым фотодиодом InSb в широком температурном интервале $T=4.2-300$ К. При низких температурах ($T < 150$ К) спектры ЭЛ структур содержали две полосы люминесценции: высокоэнергетическую с максимумом при энергии фотона $h\nu \sim 0.4$ эВ, возникновение которой связано с рекомбинацией носителей заряда в подложке InAs, и низкоэнергетическую полосу при $h\nu = 0.33-0.29$ эВ. При построении температурных зависимостей спектрального положения максимума низкоэнергетических полос излучения наблюдалась типичная картина для всех образцов. При низкой температуре (от 4.2 до ~ 140 К) энергия фотона в максимуме полос ЭЛ структур была меньше расчетной ширины запрещенной зоны активного слоя InAs_{1-x}Sb_x. Было установлено, что для рассматриваемых составов активной области гетеропереход InAsSb/InAsSbP является переходом II типа. Таким образом, в данном интервале температур излучательная рекомбинация определяется рекомбинационными переходами на гетерогранице InAsSb/InAsSbP. Для образцов с низким содержанием сурьмы в активном слое в интервале температур $T=4.2-95$ К энергия спектрального максимума практически не менялась, для образцов состава $0.09 \leq x_{InSb} \leq 0.125$ наблюдался эффект «голубого» смещения полосы люминесценции с увеличением температуры до 60 К, что, вероятно, связано с рекомбинацией с участием примесей вследствие диффузии цинка из барьерного слоя InAsSbP. С дальнейшим повышением температуры для всех образцов наблюдался энергетический сдвиг спектров ЭЛ в длинноволновую область, соответствующий температурному изменению расчетной ширины

запрещенной зоны твёрдого раствора $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$, что позволяет сделать вывод о преобладании межзонной излучательной рекомбинации в активной области.

Выводы.

В работе приведены результаты исследования электролюминесценции светодиодных гетероструктур $n\text{-InAs}/\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x/p\text{-InAsSbP}$ с мольной долей антимонида индия $0.07 \leq x_{\text{InSb}} \leq 0.125$ в интервале температур $T=4.2\text{-}300$ К. В структурах установлено наличие гетероперехода II типа. Показано, что излучательная рекомбинация в диапазоне температур от 4.2 до ~ 140 К определяется процессами на гетерогранице. Увеличение температуры до комнатной приводило к изменению основного канала излучательной рекомбинации с интерфейсного на межзонный в объёме активной области. Данный эффект необходимо учитывать при создании приборов на основе рассмотренных гетероструктур.

Ружевич М.С. (автор)

Подпись

Мынбаев К.Д. (научный руководитель)

Подпись