

УДК 621.375.826

И.Г.Калашникова (6 курс, каф. ФППиНЭ), В.Б.Поляков (5 курс, каф. ФППиНЭ),
В.А.Шалыгин, к.ф.-м.н., доц., В.Ю.Паневин, асс.

ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В СТУПЕНЧАТЫХ InGaAs/AlGaAs И ТУННЕЛЬНО-СВЯЗАННЫХ GaAs/AlGaAs КВАНТОВЫХ ЯМАХ

ABSTRACT: We have investigated the interband photoluminescence (PL) in stepped and tunnel-coupled quantum well (QW) under powerful picosecond excitation and cw excitation. Polarization of PL was investigated. In contradistinction from case of cw excitation, PL spectra in case of powerful picosecond excitation are demonstrated peaks associated with both ground and high-lying excited levels in stepped quantum wells and in tunnel-coupled quantum wells. Presence of intersubband population inversion in stepped QW is also demonstrated under picosecond excitation. First the intersubband lasing was discovered in the three level tunnel-coupled QWs.

В работе [1] была предложена схема создания внутризонной инверсии населенности (ИН) между двумя возбужденными электронными подзонами в трехуровневых квантовых ямах (КЯ) сложной формы. Одним из условий формирования внутризонной ИН, необходимой для возникновения стимулированного внутризонного излучения, является наличие в этой же структуре межзонной лазерной генерации через основные подзоны размерного квантования (РК) электронов и дырок. Для выяснения возможности практической реализации данной схемы необходимо провести комплекс исследований оптических явлений, происходящих при межзонных переходах носителей заряда в КЯ сложной формы.

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований межзонной фотолюминесценции (ФЛ) структур со ступенчатыми и туннельно-связанными КЯ, в которых, согласно расчетам, существуют долгоживущие возбужденные электронные состояния. Структуры для таких исследований выращены методом МЛЭ сотрудниками лаборатории Ж.И.Алферова ФТИ им. А.Ф.Иоффе. Слои, формирующие ступенчатую InGaAs/AlGaAs и туннельно-связанную GaAs/AlGaAs квантовые ямы встроены в градиентный волновод, сформированный слоями $Al_xGa_{1-x}As$ с переменным составом x , обеспечивающий оптическое ограничение для излучения ближнего ИК (БИК) диапазона. Для исследования характеристик межзонного стимулированного излучения в БИК диапазоне образцы изготавливались в виде резонаторов Фабри-Перо. Часть образцов была выращена в виде диодной p-i-n структуры.

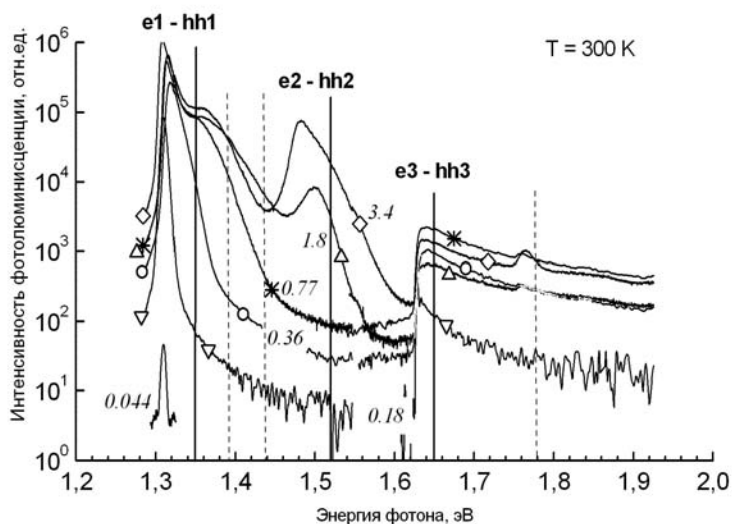


Рис. 1. Спектры ФЛ при интенсивном пикосекундном возбуждении. Числа около кривых – энергии возбуждающих импульсов мкДж/см²

Исследованы спектры межзонной электролюминесценции; межзонной

электролюминесценции в квазинепрерывном режиме при накачке YAG лазером (длина волны генерации 532 нм, энергия 150 мкДж, длительность импульса 0,4 мкс), а также в условиях накачки мощными пикосекундными импульсами лазера Nd:YLF (длина волны генерации 523 нм, энергия 4,5 мкДж, длительность импульса 3,2 пс). В спектрах электро- и фотолюминесценции в квазинепрерывном режиме обнаружены особенности, связанные только с межзонными переходами носителей заряда между основными подзонами РК электронов и дырок. В спектрах фотолюминесценции в условиях мощного пикосекундного возбуждения обнаружены особенности связанные, как с переходами между основными, так и с переходами между возбужденными подзонами РК электронов и дырок. Исследована поляризация фотолюминесценции. Полученные экспериментальные данные согласуются с теорией. Обнаружена межзонная лазерная генерация через основные состояния электронов и дырок, как в структурах со ступенчатыми квантовыми ямами, так и в структурах с туннельно-связанными квантовыми ямами, что является важным для создания внутризонной инверсии населенности в таких структурах.

Из спектров ФЛ структуры с тремя ступенчатыми КЯ (рис.1) видно, что до некоторого уровня накачки интенсивность пика, связанного с переходами электронов между вторыми возбужденными подзонами РК (переход $e_3 \rightarrow hh_3$ на рис. 1) больше интенсивности пика связанного с переходами электронов между первыми возбужденными подзонами ($e_2 \rightarrow hh_2$), что может свидетельствовать о существовании внутризонной ИН в структуре.

ЛИТЕРАТУРА:

1. E.Towe, D.Pal, L.E.Vorobjev, A.V.Gluhovskoy et al. Trans Tech Publications Inc., Material Science Forum, 2002, v.384-385, p. 209-212.