

УДК 621.315

А.А.Грешнов (4 курс, каф.ФТТ), Г.Г.Зегря, д.ф.-м.н., проф.

## ЦИКЛОТРОННЫЙ РЕЗОНАНС В ГЕТЕРОСТРУКТУРЕ InAs/GaSb В НАКЛОННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Теоретически изучен механизм расщепления линии циклотронного резонанса (ЦР) в гетероструктуре InAs/GaSb в наклонном магнитном поле. Такие гетероструктуры активно используются для создания инфракрасных лазеров.

В гетероструктуре InAs/GaSb потолок валентной зоны GaSb лежит по энергии выше дна зоны проводимости InAs, что приводит к возможности подмешивания состояний электронов и дырок [1]. Экспериментальные исследования показывают наличие в таких гетероструктурах расщепления линии ЦР. В ранних публикациях эффект связывался с кулоновским взаимодействием электронов и дырок [2]. Однако такой механизм, действующий одновременно с подмешиванием состояний электронов и дырок, не дает видимого вклада в спектр ЦР.

В настоящей работе расщепление линии ЦР объясняется подмешиванием электронов из InAs и дырок из GaSb [3]. Это подмешивание приводит к антикроссингу уровней Ландау электронов и дырок. Оптические переходы на антипересекающиеся уровни разрешены, что и приводит к расщеплению линии ЦР. Проведенные в рамках работы [4] эксперименты по наблюдению ЦР в наклонном магнитном поле показывают отсутствие расщепления линии ЦР при углах порядка 60 градусов. Ранее подавление расщепления линии ЦР в наклонном магнитном поле наблюдалось в работе [5], однако объяснение этого эффекта отсутствовало.

В рамках данной работы [4] предложен и исследован механизм подавления расщепления линии ЦР в наклонном магнитном поле. Теоретический расчет спектра носителей производился в рамках восьмизонной модели Кейна, последовательно учитывающей подмешивание электронов и дырок, а также спин-орбитальное взаимодействие. Анализ спектра показывает, что ответственным за экспериментально наблюдаемое расщепление линии ЦР является подмешивание электронов из InAs и тяжелых дырок из GaSb. Такое подмешивание возможно в сильном магнитном поле за счет спин-орбитального взаимодействия. При этом наклон уровней Ландау тяжелых дырок соответствует массе легких дырок, что является прямым следствием учета спин-орбитального взаимодействия.

Отсутствие расщепления линии ЦР в наклонном магнитном поле объясняется подавлением подмешивания электронных и дырочных состояний при увеличении продольной составляющей магнитного поля. В этом случае эффективный потенциал электрона складывается из двух частей. Прямоугольная составляющая отвечает профилю потенциала гетероструктуры, параболическая связана с векторным потенциалом наклонного магнитного поля. Такая добавка, пропорциональная квадрату напряженности магнитного поля, приводит к существенному уменьшению перекрытия волновых функций электронов и дырок, т.е. ослаблению подмешивания. В результате величина антикроссинга уровней Ландау электронов и дырок существенно уменьшается и расщепление линии ЦР не наблюдается.

### ЛИТЕРАТУРА.

1. D. Heitmann, M. Ziesmann, L.L. Chang Phys.Rev. B **34**, 7463 (1986)
2. J. Cono, B.D. McCombe, J.-P. Cheng Phys.Rev. B **50**, 12242 (1994)  
R.J. Warburton, B. Brar, C. Gauer et al. Sol.St.Electron. **40**, 679 (1996)
3. M.J. Yang, C.H. Yang, B.R. Bennett, B.V. Shanabrook Phys.Rev.Lett **78**, 4613 (1997)  
M. Lakrimi, S. Khym, R.J. Nicholas et al. Phys.Rev.Lett. **79**, 3034 (1997)
4. А.А. Грешнов, Г.Г. Зегря, Ю.Б. Васильев и др. Письма в ЖЭТФ **76**, вып.4, 258 (2002)

5. T.P. Marlow, L.J. Cooper, D.D. Arnone et al. Phys.Rev.Lett. **82**, 2362 (1999)