

УДК 621

А.А.Грешнов (5 курс, каф.ФТТ), Г.Г.Зегря, д.ф.-м.н., проф.

## ДВУМЕРНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ СОСТОЯНИЯ В НАКЛОННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Теоретически изучено влияние наклонного магнитного поля на электронные состояния в двумерных гетероструктурах. Показано, что в сильных магнитных полях существенным оказывается учет конечной ширины слоев гетероструктуры. Предложен оригинальный метод расчета спектра и волновых функций, использующий переход к косоугольным координатам. Рассмотрены случаи одиночной и двойной квантовых ям, а также разьединенной гетероструктуры II типа. Проанализировано влияние согласованного электростатического потенциала при различных концентрациях носителей заряда.

Со времен открытия квантового эффекта Холла проводятся обширные исследования транспортных и оптических эффектов, связанных с поведением двумерных электронов в сильном магнитном поле. Необходимо отметить, что в последнее время активно используется не только привычная поперечная, но и наклонная ориентация магнитного поля относительно плоскости гетероструктуры. При этом магнитная длина может быть сравнима и даже меньше толщины слоев гетероструктуры. Для правильного анализа экспериментов в таких условиях необходимо точно понимать электронную структуру двумерных гетероструктур в сильном наклонном магнитном поле.

Сложность задачи о спектре носителей в двумерной гетероструктуре в наклонном магнитном поле обусловлена невозможностью полного разделения переменных в уравнении Шредингера, приводящей также к невозможности классификации состояний. В данной работе предложен метод приближенного расчета спектра таких состояний, основанный на переходе к косоугольным координатам. При этом угол между осями определяется с помощью вариационного принципа. Такой подход имеет простой физическую интерпретацию: вращение электронов в магнитном поле происходит вокруг оси, наклоненной относительно оси роста гетероструктуры.

В случае одиночной квантовой ямы волновые функции имеют особенно простой вид, а для спектра носителей получены явные аналитические выражения. Для двойной квантовой ямы исследована зависимость энергетической щели  $\Delta$  между антипересекающимися уровнями энергии в двойной квантовой яме с узким слабопроницаемым барьером от напряженности и угла наклона магнитного поля. Показано, что полученная в работе [1] оценка величины  $\Delta$  является заниженной, особенно в достаточно сильных магнитных полях. В этом случае квантово-механическое движение соответствует вращению относительно оси, почти совпадающей с направлением магнитного поля (как в классической механике).

Эффект уменьшения расщепления  $\Delta$  с увеличением угла наклона магнитного поля имеет место не только в обычной двойной квантовой яме, но и в разьединенной гетероструктуре II типа. На основе результатов работы объяснен эффект подавления расщепления линии циклотронного резонанса в такой структуре: показано, что эффект связан с имеющим место в наклонном магнитном поле ослаблением подмешивания электронных и дырочных состояний.

Также исследовано влияние согласованного электростатического потенциала на электронные состояния в наклонном магнитном поле, выполнено сравнение вкладов в энергию, связанных с продольной составляющей магнитного поля и электростатическим

потенциалом. Проведено сравнение результатов, полученных в рамках предложенного метода, с точным численным расчетом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. J. Hu, A.H. MacDonald, Phys.Rev. B 46, 12554 (1992).