Зонный спектр квантовых ям HgCdTe: эффекты «понижения» симметрии

Гавриленко В.И.¹, Бовкун Л.С.^{1,2}, Иконников А.В.³, Алешкин В.Я.¹, Спирин К.Е.¹,
Маремьянин К.В.¹, Михайлов Н.Н.⁴, Дворецкий С.А.⁴, Potemski M.², Piot B.², M. Orlita²

¹ ИФМ РАН, 603950, Нижний Новгород, ГСП-105

² Laboratoire National des Champs Magnetiques Intenses, 38042 Grenoble, France

³ МГУ им. М.В. Ломоносова (физический факультет), 119991 Москва

⁴ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

DOI 10.34077/Semicond2019-492

Методом спектроскопии уровней Ландау исследована зонная структура квантовых ям (КЯ) HgTe/HgCdTe с нормальным и инвертированным спектром и выявлены проявления механизмов «понижения» симметрии: анизотропии химических связей на интерфейсах (Interface Inversion Asymmetry, ИА), отсутствие симметрии инверсии в кристаллической решетке (Bulk Inversion Asymmetry, БИА) и встроенного электрического поля в структурах с односторонним селективным легированием барьеров (Structure Inversion Asymmetry, СИА). Методом фурье-спектроскопии исследованы спектры магнитопоглощения и фарадеевского вращения в магнитных полях до 11 Тл. Исследование спектров фарадеевского вращения дает возможность определять знак резонансной круговой поляризации переходов между уровнями Ландау носителей, что позволило идентифицировать наблюдаемые внутризонные и межзонные переходы в дальнем и среднем инфракрасном диапазонах [1]. Обнаружено, что широко используемая для описания топологических материалов на основе HgTe аксиально-симметричная 8-зонная модель Кейна не полностью описывает наблюдаемую картину внутризонных и межзонных переходов, а именно: антипересечения уровней Ландау и появление переходов, запрещенных в электродипольном приближении в рамках этой модели. Достаточно хорошее согласие с экспериментом достигается при расширении стандартной модели при учете эффектов ИА и БИА. Учет этих факторов нарушает аксиальную симметрию и существенно модифицирует спектр прежде всего валентной зоны. [2]

Исследованы спектры циклотронного резонанса (ЦР) электронов в классических и квантующих магнитных полях в асимметричных гетероструктурах с квантовыми ямами HgCdTe/CdHgTe с селективным легированием барьеров с большой концентрацией носителей ($n_s > 2 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$). Выполнены самосогласованные расчеты энергетических спектров и уровней Ландау в рамках 8-зонной модели Кейна в приближении Хартри. В слабых полях обнаружено сильное расщепление линии циклотронного резонанса ($\sim 10\%$), связанное с гигантским (до 30 мэВ) расщеплением Рашбы на уровне Ферми в образцах как с инвертированной, так и впервые с нормальной зонной структурой. Показано, что в обоих случаях большая величина расщепления обусловлена присутствием в волновых функциях состояний нижней подзоны зоны проводимости значительной доли (от 50% и более) «дырочных» волновых функций (p-типа). Эволюция линий поглощения с магнитным полем прослежена вплоть до 34 Тл, когда магнитное квантование уже превалирует над расщеплением Рашбы. [3]

[1] Л.С. Бовкун и др. Письма в ЖЭТФ, **108**, 352 (2018).

[2] L.S. Bovkun et al., J. Phys.: Cond. Matter, **31**, 145501 (2019).

[3] Л.С. Бовкун и др. ФТП, **52**, 1274 (2018).