

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ РНЕМТ ГЕТЕРОСТРУКТУР $\text{AlGaAs/InGaAs/GaAs}$
С ТОНКИМ ПОДЗАТВОРНЫМ БАРЬЕРОМ

*Р.А. Хабибуллин¹, И.С. Васильевский¹, Г.Б. Галиев², Е.А. Климов²,
В.А. Кульбачинский³, П.Ю. Бокос³*

¹Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”,
115409, г. Москва, Каширское шоссе, дом 31, e-mail: khabibullin_r@mail.ru

²Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники РАН,
117105, г. Москва, Нагорный проезд, дом 7

³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119991 ГСП-1, Ленинские горы

Исследование квантовых ям (КЯ), близких к поверхности, в гетероструктурах $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As/In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As/Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ является актуальной задачей для создания более совершенных транзисторных гетероструктур. При приближении КЯ к поверхности гетероструктуры, с одной стороны, возрастает модуляция потенциала КЯ затворным напряжением, что приводит к увеличению частоты. С другой стороны, при уменьшении толщины барьерного слоя $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ возрастает влияние поверхностного потенциала, что приводит к изменению зонного профиля в гетероструктуре.

В работе [1] было рассчитано увеличение степени дельта-легирования кремнием при приближении КЯ к поверхности для сохранения концентрации электронов n_s в КЯ. На основании проведенного моделирования методом молекулярно-лучевой эпитаксии была выращена серия образцов с толщиной барьерного слоя $L_b = 23, 18, 15, 13, 11, 9, 7$ и 5 нм и заданной $n_s = 1,6 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$. Измерения показали,

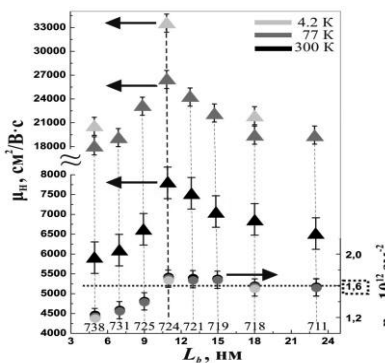


Рис.1. Холловская подвижность и концентрация электронов в серии образцов с разной L_b при температурах 300, 77 и 4,2К

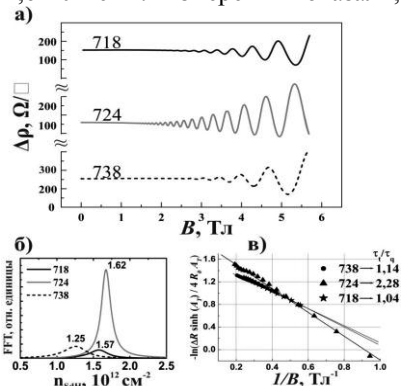


Рис.2. а) осцилляции Шубникова-де Гааза для образцов 718, 724 и 738; б) Фурье спектр осцилляций ШДГ; в) график Дингла из осцилляций ШДГ

что зависимость холловской подвижности μ_H от L_b имеет немонотонный характер (см. рис. 1) с максимальным значением μ_H , наблюдаемом в образце 724 с промежуточной толщиной барьерного слоя $L_b = 11$ нм. Для детального исследования механизмов рассеяния были выбраны три характерных образца (738, 724 и 718), на которых исследовался низкотемпературный электронный магнетотранспорт (рис. 2). Из осцилляций Шубникова – де Гааза методом Дингла были вычислены квантовые времена рассеяния электронов τ_q . Из спектров фотоотражения (рис. 3) с помощью модели Аспнеса и Штудны были вычислены значения напряженности встроенного электрического поля в барьерном слое исследуемых образцов [2]. Из спектров фотолюминесценции (рис. 4) были определены энергии переходов между подзонами электронов и дырок в КЯ.

На основании полученных экспериментальных данных был сделан вывод: немонотонная зависимость μ_e от L_b в РНЕМТ гетероструктуре с КЯ $\text{Al}_{0,23}\text{Ga}_{0,77}\text{As}/\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}/\text{GaAs}$ связана с возрастанием рассеяния на ионизированных донорах, обусловленного различными причинами. При малых L_b - увеличивается плотности доноров и происходит уширение профиля их распределения вследствие усиления процессов сегрегации и диффузии; при больших L_b - понижается энергия дна зоны проводимости в области легирования, что приводит к увеличению амплитуды хвоста электронной волновой функции в области ионизированных доноров.

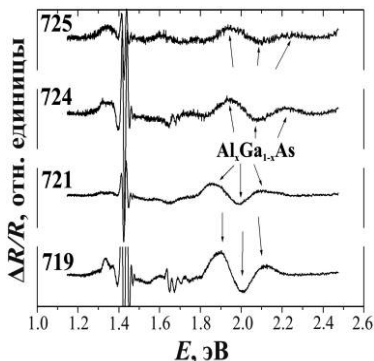


Рис. 3. Спектры фотоотражения образцов 719, 721, 724 и 725

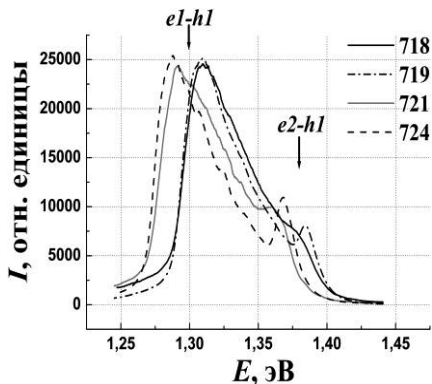


Рис. 4. Спектры фотолюминесценции образцов 718, 719, 721 и 724 при 77

Литература

1. Р.А. Хабибуллин, И.С. Васильевский и др., ФТП, **45** (5), 666 (2011).
2. R.A. Khabibullin, I.S. Vasil'evskii et al., J. Phys.: Conf. Ser., **345**, 012015 (2012).