

Использование метаморфной технологии для получения МНЕМТ наногетероструктур InAlAs/InGaAs на подложках GaAs и InP с различной мольной долей InAs в активной области

Г. Б. Галиев¹, И. С. Васильевский², Е. А. Климов¹, С. С. Пушкарёв^{1, 2}, О. А. Рубан^{1, 2}

¹Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники РАН, Москва, Россия

Эл. почта: s_s_e_r_p@mail.ru

²Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Эл. почта: ivasilevskii@mail.ru

На сегодняшний день псевдоморфные НЕМТ гетероструктуры с квантовой ямой (КЯ) $\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}/\text{In}_{0.70}\text{Ga}_{0.30}\text{As}$, выращенные на подложке InP, позволяют изготовить СВЧ транзисторы с рекордной частотой отсечки f_T до 681 ГГц. Технологически и экономически более привлекательны альтернативные им метаморфные наногетероструктуры на подложках GaAs с мольной долей InAs в квантовой яме от 52% и выше, в которых подложку и значительно рассогласованные с ней активные слои соединяет переходный слой с плавно изменяющимся по толщине составом – метаморфный буфер (ММБ).

В настоящей работе представлены результаты исследования выращенных методом МЛЭ метаморфных НЕМТ наногетероструктур с δ -легированной кремнием КЯ $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}/\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}/\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}$ толщиной 160–200 Å. Образец 1 выращен на подложке InP (1 0 0), а образцы 2–6 – на подложках GaAs (1 0 0), при этом образцы 1, 3–6 одинаково легированы и имеют одинаковые активные области с мольной долей InAs более 70%, а образец 2 легирован сильнее и имеет активную область с мольной долей InAs около 40%. Под активной областью понимается совокупность барьера $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}$, квантовой ямы $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$, спейсера $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}$, δ -слоя Si, второго барьера $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}$ и защитного кэп-слоя $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$. В исследуемых образцах варьируются состав и толщины ММБ при неизменном линейном законе увеличения мольной доли InAs, а в образцах 5 и 6 с целью улучшения их кристаллической структуры внутрь ММБ на 0.5 и 0.9 его толщины вставлены две сверхрешётки $\text{In}_{(x+\Delta x)}\text{Al}_{1-(x+\Delta x)}\text{As}/\text{In}_{(x-\Delta x)}\text{Ga}_{1-(x-\Delta x)}\text{As}$, симметрично рассогласованные на $\Delta x \sim 0.08$ относительно окружающего их состава ММБ и потому механически напряжённые. Подвижность μ_e и концентрация n_3 электронов были измерены методом Ван дер Пау, а морфология рельефа поверхности была исследована методами

АСМ и РЭМ. На области 9.5×9.5 мкм была измерена среднеквадратичная шероховатость поверхности.

Полученные результаты показывают, что основные электрофизические параметры метаморфных наногетероструктур сильно зависят от конструкции ММБ. При этом проявляется чёткая корреляция этих параметров со среднеквадратичной шероховатостью поверхности.

Выражаем благодарность сотрудникам лаборатории зондовой микроскопии НИИВТ им. С. А. Векшинского Нестерову С. Б. и Нежметдиновой Р. А. Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований президиума РАН № 21, ФЦП «Кадры» (НК616П-39) а также Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 11-07-00050).