

НОВЫЕ КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ GaSb/AlP: ФОРМИРОВАНИЕ, КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР

Д. С. Абрамкин*, М. О. Петрушков, Д. Б. Богомолов, Е. А. Емельянов, М. Ю. Есин.,
М. А. Путьято, В. В. Преображенский

*Институт физики полупроводников СО РАН им. А.В. Ржанова
630090, Российская Федерация, Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, д. 13
E-mail: dalamber.07@mail.ru

Получены гетероструктуры с GaSb/AlP квантовыми точками (КТ), проведены исследования их кристаллического строения и энергетического спектра. Показано, что при осаждении GaSb на поверхность AlP с развитым рельефом происходит формирование $Al_xGa_{1-x}Sb/AlP$ КТ, содержащих не более 10% атомов Al, и характеризующихся полной релаксацией механических напряжений. КТ имеют энергетическое строение второго рода с непрямой запрещенной зоной: основное электронное состояние КТ принадлежит X долине AlP, в то время как основное дырочное состояние – подзоне тяжёлых дырок в $Al_xGa_{1-x}Sb$. Получена оценка величины энергии локализации дырок в КТ E_{loc} в пределах 1.6÷1.7 эВ, что должно обеспечить время хранения заряда в КТ >100 лет при комнатной температуре. Это делает данные КТ перспективным объектом для создания ячеек универсальной памяти.

Одной из важнейших задач современной физики твёрдого тела является получение и исследование структур, на основе которых возможно создание универсальной памяти, сочетающей в себе быстроедействие DRAM и возможность длительного хранения данных [1]. Возможным путём решения этой задачи является использование самоорганизованных $A^{III}-B^V$ квантовых точек (КТ) в качестве плавающего затвора в архитектуре флеш-памяти. Данный подход позволяет достичь времён перезаписи данных на уровне десятков наносекунд в действующих прототипах флеш-памяти с InAs/AlGaAs КТ [2]. Однако, время хранения заряда в таких КТ при комнатной температуре составляет всего несколько миллисекунд, что недостаточно для создания памяти. В связи с этим, актуальной задачей является поиск новых КТ, в которых энергия локализации дырок (E_{loc}) существенно превосходит E_{loc} для InAs/AlGaAs КТ (0.8 эВ). На данный момент рекордное значение E_{loc} реализовано в GaSb/GaP КТ и составляет 1.18 эВ, что обеспечивает время хранения заряда в КТ около 4 дней [3]. К сожалению, этого не достаточно для использования КТ при создании элементов универсальной памяти. Перспективным путём увеличения E_{loc} является замена материала матрицы на AlP, потолок валентной зоны которого смещён на 500 мэВ ниже по энергии в сравнении с GaP. Предварительные оценки [4] предсказывают значения E_{loc} для псевдоморфно напряжённых GaSb/AlP КТ около 2 эВ, что должно обеспечить хранение заряда в таких КТ в течение >>10 лет. На данный момент сообщений о получении и экспериментальных исследованиях строения и энергетического спектра таких КТ в литературе нет. В докладе сообщается о получении новых гетероструктур с GaSb/AlP КТ и обсуждаются результаты исследования их энергетического строения.

Гетероструктуры были выращены методом молекулярно-лучевой эпитаксии на Si(100) подложках. После роста буферных слоёв GaP/GaAs/Si выращивался 300 нм слой AlP, в центре которого формировались GaSb/AlP КТ. Рост КТ проходил путём осаждения 1.75 монослоёв GaSb при температуре подложки 450°C с последующем прерыванием роста на 30с. В целях предотвращения окисления гетероструктуры закрывались 25 нм слоем GaP. Для сравнения была выращена структура с AlP слоями без КТ. Также, в аналогичных условиях, была выращена структура с незахороненными КТ.

Формирование КТ контролировалось методом дифракции быстрых электронов на отражение (ДБЭО). Анализ картины ДБЭО показал, что материал КТ характеризуется постоянной решёткой близкой к постоянной решётки GaSb. Поскольку постоянные решётки AlSb и GaSb отличаются менее, чем на 1%, то данные ДБЭО позволяют нам ут-