Светоизлучающие InAs/GaP гетероструктуры, выращенные на Si подложках

Д.С. Абрамкин^{1,2)}, М. О. Петрушков¹⁾, М.А. Путятю¹⁾, Б.Р. Семягин¹⁾, Е.А. Емельянов¹⁾,
Д.Б. Богомолов¹⁾, Т.С. Шамирзаев^{1),2)}

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,
Новосибирск, 630090, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² Новосибирский государственный университет, Новосибирск, 630090, ул. Пирогова, 2
тел.: +7 (383) 330-44-75, эл. почта: dalamber.07@mail.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-81

Использование светоизлучающих приборов на основе АЗВ5 гетероструктур (ГС), выращенных на Si подложках, открывает перспективу значительного ускорения обработки информации как в рамках одного процессора, так и для многоядерных систем. Перспективным с точки зрения интеграции в кремниевую технологию материалом АЗВ5 является GaP, практически согласованный с Si по параметру решётки. Формирование ГС из узкозонного InAs в широкозонной матрице GaP даёт преимущества сильной локализации носителей заряда, которая обеспечивает возможность варьирования рабочей длины волны излучения в широких пределах за счёт эффектов размерного квантования. Представляемая в докладе работа, посвящена получению InAs/GaP гетероструктур с квантовыми точками (КТ) с высокой эффективностью излучательной рекомбинации, выращенных на Si подложках.

Эпитаксиальные слои GaP/Si выращивались методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Рост начинался с формирования переходной области посредством осаждения на кремниевую подложку слоя GaP, толщиной 6 монослоёв (МС) при температуре подложки (Ts) 300°C в режиме атомно-слоевой эпитаксии. После чего Ts повышалась до 380°C, в слабом потоке фосфора (отношение V/III < 1) высаживался слой атомов Ga толщиной 4 МС, а затем поверхность выдерживалась в потоке фосфора в течении 20 сек. Процедура циклического роста повторялась 50 раз, до тех пор пока общая толщина пленки не достигала 55 нм. Затем температура повышалась до 500°C, и в таком же режиме циклического роста формировался слой GaP толщиной 150 нм. При той же фиксированной температуре 500°C при одновременном осаждении материалов III и V групп с отношением потоков V/III > 2 и скоростью роста 1 МС/с выращивались все последующие слои структуры: (1) Слой GaP толщиной 300 нм, (2) слой квантовых точек, который формировался при осаждении InAs с номинальной толщиной 2 МС и зарастивался (3) слоем GaP толщиной 50 нм. Для сравнения в тех же условиях была выращена гетероструктура GaP/Si не содержащая InAs вставки.

Спектры низкотемпературной (5K) фотолюминесценции (ФЛ) гетероструктур GaP/Si и InAs/GaP/Si, измеренные при нерезонансном возбуждении, представлены на рисунке. В спектре

структуры GaP/Si (кривая 1, на рисунке) наблюдается группа полос с максимумами в диапазоне энергий 2.1÷2.3 эВ, обусловленные донорно-акцепторной рекомбинацией в слое GaP [1]. В тоже время, в спектре структуры InAs/GaP/Si (кривая 2), доминирует полоса QD, с максимумом на энергии 2.17 эВ и шириной на половинной интенсивности 110 мэВ, которую мы связываем с рекомбинацией носителей заряда в InAs квантовых точках. Сдвиг положения максимумов полос донорно-акцепторной рекомбинации и полосы QD в спектрах ФЛ, измеренных в различных точках поверхности гетероструктур показан на вставке к рисунку. Видно, что структура GaP/Si пространственно однородна, в то время как положение полосы QD монотонно смещается на 20 мэВ при смещении точки

измерения спектра ФЛ вдоль поверхности структуры InAs/GaP/Si. Спектральное смещение полосы QD обусловлено неоднородностью потока атомов In, приводящему к градиенту толщины слоя InAs, из которого формируются квантовые точки, по площади гетероструктуры InAs/GaP/Si. Интегральная интенсивность ФЛ полосы QD, почти на 2 порядка величины превосходит интегральную интенсивность ФЛ гетероструктуры GaP/Si, из-за повышения эффективности излучательной рекомбинации носителей заряда, локализованных в квантовых точках.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-72-10038).

Литература

[1] A. T. Vink, A. J. Bosman, J. A. van der Does de Bye, R. C. Peters, Solid State Commun. 7, 1475 (1969).