

Влияние электрических полей и процессов рассеяния на экситонную люминесценцию GaAs/AlGaAs квантовых ям

Бумай Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

Гетероструктуры с квантовыми ямами широко используются для производства ряда оптоэлектронных приборов – лазеров, светодиодов, фото- преобразователей и т.д. Фотолюминесценция (ФЛ) таких структур при низких температурах является информативным методом, позволяющим оценить их оптическое качество, наличие примесей и дефектов. В данной работе исследованы спектры ФЛ GaAs/AlGaAs гетероструктур с одиночной квантовой ямой (КЯ).

Структуры содержали верхний слой GaAs (17 нм), два $\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67}\text{As}$ барьера (>100 нм), между которыми находился слой GaAs (<10 нм), представляющий собой квантовую яму, однородно легированную Si до уровня $1.0 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Остальные слои структуры специально не легировались. Для возбуждения фотолюминесценции использовалось лазерное излучение с длиной волны $\lambda=720$ нм, поглощаемое в GaAs слоях. При возбуждении двумя длинами волн дополнительно использовалось лазерное излучение малой интенсивности с $\lambda=442$ нм, поглощаемое в верхних слоях GaAs и AlGaAs (до КЯ).

На рис.1а показаны спектры структур при возбуждении одной и двумя длинами волн, содержащие линии свободного экситона (FE) и экситона, связанного на примеси в КЯ (BE). Заметно существенное различие спектров, заключающееся в резком возрастании интенсивности люминесценции линии свободного экситона и уменьшение ее ширины при даже слабом дополнительном освещении $\lambda=442$ нм. Интенсивность линии связанного экситона при этом практически не изменяется. Для гидрогенизированного (обработанного в водородной плазме с целью пассивации поверхностных состояний структуры) образца различие между этими двумя условиями возбуждения небольшое (рис.1б). Это значит, что интенсивность FE линии была повышена уже в результате гидрогенизации. Влияние дополнительного освещения на интенсивность люминесценции

свободного экситона, способного двигаться вдоль КЯ, связано, очевидно, с его рассеянием на ионизированных примесях в барьерных AlGaAs слоях, так как вследствие высокого уровня возбуждения легирующая примесь Si в КЯ не ионизируется.

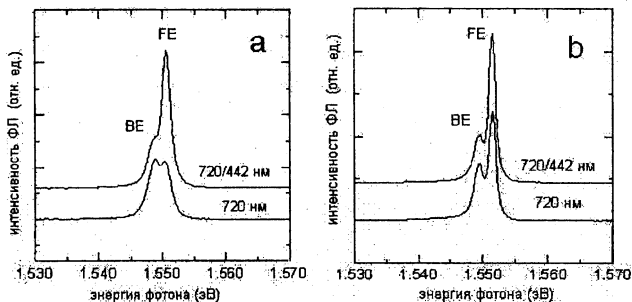


Рис.2. Спектры фотолюминесценции исходного (а) и гидрогенизированного (б) образца при 4.5 К при лазерном возбуждении одной и двумя длинами волн

Присутствие ионизированных примесей в широкозонных барьерах даже при низкой температуре связано в большей степени с тем обстоятельством, что электрическое поле, обусловленное зарядом поверхностных состояний верхнего GaAs слоя, закрепляющих уровень Ферми приблизительно в середине ширины запрещенной зоны GaAs, приводит к образованию слоя объемного заряда, достигающего КЯ. Рассеяние двумерного экситона на ионизированной примеси в барьерах из-за большого размера экситона (>20 нм) происходит более эффективно, чем электронов и дырок. Как дополнительное освещение (вследствие фотозаполнения), так и гидрогенизация (вследствие пассивации) приводят к нейтрализации поверхностных состояний структур и, следовательно, остаточных ионизированных примесей в барьерах, рассеивающих свободные экситоны в КЯ. Эффект увеличения интенсивности люминесценции свободных экситонов при уменьшении их рассеяния связан с увеличением числа свободных экситонов, для которых выполняется условие сохранения волнового вектора центра масс экситона $K_{\perp}=0$ (условие прямого перехода) при излучательной рекомбинации.