Оптическая ориентация и выстраивание нейтральных экситонов в структурах с квантовыми точками (In,Al)As/AlAs

Шамирзаев Т.С.¹, Rautert J.², Некрасов С.В.³, Кусраев Ю.Г.³, Яковлев Д.Р.^{2,3}, Bayer M.^{2,3}

¹ Институт Физики Полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 13

² Experimental Physics 2, TU Dortmund University, Dortmund, 44221, Germany

³ ФТИ им. А.Ф.Иоффе, ул. Политехническая 26, С.-Петербург, 194021, Россия

DOI 10.34077/Semicond2019-264

Оптическая ориентация – передача углового момента циркулярно поляризованного фотона при его поглощении электрон дырочной паре, является удобным методом для создания неравновесной спиновой заселенности при изучении спиновой динамики электронных возбуждений в прямозонных полупроводниковых гетероструктурах. Однако в непрямозонных квантовых точках (КТ) слабое экситон-фотонное взаимодействие создает проблемы для использования этой методики. Недавно мы показали, что в ансамблях (In,Al)As/AlAs квантовых точек с дисперсией размеров КТ с нижним электронным состоянием, принадлежащим Γ и X минимуму зоны проводимости сосуществуют. В КТ большого размера нижний электронный уровень принадлежит Γ минимуму зоны проводимости. С уменьшением размера КТ состояние электрона в Γ минимуме зоны проводимости смещается значительно сильнее, чем состояние электрона в X минимуме. Это приводит к тому, что при некотором размере КТ, значение которого зависит от состава (In,Al)As, уровни электронов, принадлежащие Γ и X минимума зоны проводимости, пересекаются, и состояние X минимума становится нижним, а состояние Γ возбужденным электронным состоянием в КТ [1].

В данной работе мы демонстрируем возможность использования оптической ориентации для создания неравновесной спиновой заселенности экситонов в непрямозонных (In,Al)As/AlAs КТ при селективном возбуждении в прямозонное возбужденное состояние.

Спектр низкотемпературной (5 К) ФЛ структуры с КТ, измеренный при нерезонансном возбуждении содержит полосы WL, связанные с рекомбинацией экситонов в смачивающем слое широкую полосу, обусловленную рекомбинацией экситонов в ансамбле, содержащем прямозонные и непрямозонные КТ. При селективном возбуждении КТ в спектрах ФЛ появляется серия полос с шириной много меньшей, чем ширина полосы при нерезонансном возбуждении, обусловленные резонансным возбуждением прямозонных КТ и квазирезонансным возбуждением непрямозонных КТ. Каждая полоса соответствует рекомбинации экситонов в подансамбле КТ с близкой энергетической структурой. При резонансном возбуждении прямозонных КТ циркулярно поляризованным светом, ФЛ не поляризована. Однако при возбуждении этих КТ линейно поляризованным наблюдается линейная поляризация излучения (оптическое выстраивание), обусловленная хорошо известным эффектом смешивания экситонных состояний анизотропным вкладом в обменное взаимодействие между электроном и дыркой в КТ, форма которых отклоняется от сферической. В непрямозонных КТ (отличающихся от прямозонных только размером, но не формой!), напротив, при линейно поляризованном возбуждении оптическое выстраивание отсутствует, а при возбуждении циркулярно поляризованным светом, излучение циркулярно поляризовано. Оптическая ориентация в непрямозонных КТ связана с подавлением обменного взаимодействия между электроном и дыркой локализованных в разных точках зоны Бриллюэна. Работа поддержана РФФИ (проекты №19-02-00098, 19-52-12001)

[1] T.S. Shamirzaev, et al // *Physical Review B* **78**, 085323 (2008).