Эффект магнитного поля в релаксации фотопроводимости массива квантовых точек Ge/Si

Степина Н.П.¹, Ненашев А.В.^{1,2}, Шумилин А.В.³, Попов Я.Е.², Зиновьева А.Ф.^{1,2},
Двуреченский А.В.^{1,2}

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² НГУ, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

³ ФТИ им Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26

DOI 10.34077/Semicond2019-262

Двумерный массив туннельно-связанных квантовых точек (КТ) Ge в Si характеризуется медленной неэкспоненциальной релаксацией фотопроводимости [1], знак и величина которой зависит от исходного заполнения КТ дырками. Для объяснения данного процесса ранее нами была предложена [1] барьерная модель релаксации, основанная на пространственном разделении электронов и дырок в гетеросистеме Ge/Si II типа и на зависимости скорости релаксации дырок от их концентрации в КТ. Воздействие магнитного поля на процесс возвращения системы к равновесию может быть обусловлено как механизмами, характерными для неупорядоченных систем (сжатие волновых функций носителей заряда в магнитном поле, подавление прыжковых переходов из-за снятия вырождения по спине), так и особенностями, связанными с размерным ограничением КТ и наличием дискретного многоуровневого спектра КТ. Как правило, известные эффекты магнитного поля должны приводить к замедлению процесса релаксации.

В данной работе показано, что в системе с массивом КТ под действием магнитного поля

Рис.1. – Кинетика релаксации в образце с $\nu < 2$.

наблюдается как замедление, так и ускорение релаксации фотопроводимости. Так, в образцах с фактором заполнения ν близким, но большим 2, наблюдается эффект замедления релаксации в магнитном поле, тогда как для структур с $\nu < 2$ магнитное поле ускоряет релаксационный процесс (рис.1). Эксперименты с включением света на разных этапах релаксации показали, что данные эффекты не могут быть объяснены в рамках модели существования экспоненциально широкого разброса скоростей переходов, типичной для электронных стекол. Напротив, при каждом значении ν существует однозначно заданная скорость релаксации, которая сильно меняется даже при небольшом отклонении системы от равновесия. В предположении барьерной модели, когда процесс возвращения дырок в КТ зависит от величины барьера, определяемого уровнем заполнения квантовых точек дырками, рассмотрены возможные механизмы влияния магнитного поля на релаксационный процесс, включая и ускорение релаксации. Для проверки данных моделей проведены вычислительные эксперименты, моделирующие процесс релаксации фотопроводимости в магнитном поле и без него. Показано, что при некоторых значениях заполнения в структуре с $\nu < 2$ наблюдается переход от замедления релаксации в магнитном поле к ее ускорению. На основе сравнения расчета с экспериментом сделан вывод об определяющем механизме влияния магнитного поля на процесс возвращения системы к равновесию.

Работа выполнена в рамках госзадания 0306-2019-2019.

[1] Н. П. Степина и др., ЖЭТФ, **130**, 309 (2006).