Метод pump–probe в исследовании оптических свойств экситонов и биэкситонов в полупроводниках в нестационарном режиме

Надькин Леонид Юрьевич, Флорина Ольга Федоровна
аспиранты
Приднестровский Государственный Университет им. Т. Г. Шевченко,
Тирасполь, Молдова
e-mail: tdsu4@idknet.com

При экспериментальном исследовании оптических свойств полупроводников в экситонной области спектра при больших уровнях возбуждения особую значимость приобрел метод pump–probe. Он основан на использовании двух пучков лазерного излучения: мощного пучка накачки и слабого, зондирующего пучка. Слабый пучок зондирует изменения оптических свойств кристалла, обусловленных действием мощного пучка накачки.

Нами рассмотрены стационарный и нестационарный режимы взаимодействия мощного и слабого импульсов с экситонами и биэкситонами в полупроводниковых размерно-ограниченных структурах при учете экситон-фотонного взаимодействия, оптической экситон-биэкситонной конверсии и двухфотонного возбуждения биэкситонов из основного состояния кристалла. Изучена восприимчивость кристалла типа CuCl в условиях, когда на него падает мощная монохроматическая волна (накачка) когерентного лазерного излучения с частотой, равной разности частот биэкситонного и экситонного состояний, а также слабая волна (пробный импульс) с частотой, равной частоте экситонного перехода. Фотоны первого импульса смешивают экситонное и биэкситонное состояния, существенно изменяя энергетический спектр полупроводника, а фотоны второго импульса зондируют эти изменения в области экситонного перехода.

Нами детально исследовано поведение абсорбционной компоненты восприимчивости (полосы поглощения слабого импульса в экситонной области спектра) в зависимости от расстроек резонанса и амплитуды поля накачки. В отсутствии процесса двухфотонного возбуждения биэкситонов при низких уровнях возбуждения полоса поглощения имеет лоренцовскую форму с максимумом при расстройке, равной нулю. С увеличением интенсивности поля накачки возникают две симметричных относительно центрального максимума полосы поглощения. Новые пики полосы поглощения все дальше расходятся с ростом поля накачки, причем их амплитуды монотонно убывают. Возникновение симметричных максимумов обусловлено перенормировкой энергетического спектра полупроводника под действием мощного импульса накачки. Экситонный уровень расщепляется на два квазиуровня, которые все больше отходят друг от друга. Показано, что в присутствии поля накачки закон дисперсии состоит из трех поляритоноподобных ветвей, положение и форма которых зависят от уровня возбуждения.

В нестационарном режиме взаимодействия мощного и слабого импульсов с экситонами и биэкситонами, абсорбционная и дисперсионная компоненты восприимчивости, а также концентрации экситонов и биэкситнов осциллируют во времени. При достижении некоторого предельного времени амплитуда колебаний абсорбционной и дисперсионной компонент восприимчивости, а также концентрации экситонов и биэкситнов, уменьшается и со временем выходит на стационарный режим.