

ОПТИЧЕСКИЙ ОТКЛИК СВЕРХРЕШЕТКИ ПРИ НАЛИЧИИ ДЕФАЗИРОВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЙ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК V-ТИПА

Байрамдурдыев Д.Я.

(Башкирский государственный педагогический институт им. М.Акумуллы)

Научный руководитель – доктор физ.-мат наук, профессор Маликов Р.Ф.

(Башкирский государственный педагогический институт им. М.Акумуллы)

Аннотация. Теоретически исследуется нелинейный оптический отклик сверхрешетки, состоящий из регулярно расположенных квантовых излучателей с дублетом в возбужденном состоянии (V-КИ) с учетом их полного запаздывающего диполь-дипольного взаимодействия, которое рассмотрено в приближении среднего поля с учетом дефазировки энергетических состояний.

Введение. Открытие графена (Нобелевская премия по физике 2010 года) стимулировало широкомасштабные исследования подобных квазидвумерных структур. В последнее десятилетие все возрастающее внимание получили так называемые метаматериалы - новый класс объектов, не существующих в природе. К ним, в частности, относятся двумерные сверхрешетки полупроводниковых квантовых точек и органических полимеров, оптические свойства которых могут легко контролироваться изменением формы и химического состава компонентов их составляющих, а также геометрией решетки. Современная нанотехнология имеет в своем распоряжении различные методы синтезирования таких систем. Теоретическое описание оптических свойств указанных материалов (главным образом, нелинейных) в настоящий момент находится в начальной стадии разработки.

Основная часть. Рассматривается сверхрешетка, регулярно расположенных идентичных V-КИ со схемой уровней и переходов, где $|1\rangle$ — основное состояние с энергией $\varepsilon_1 = 0$, $|2\rangle$ и $|3\rangle$ — состояния дублета с энергиями соответственно $\varepsilon_2 = \hbar\omega_2$ и $\varepsilon_3 = \hbar\omega_3$. Оптически разрешенными являются переходы $|1\rangle \leftrightarrow |2\rangle$ и $|1\rangle \leftrightarrow |3\rangle$, характеризующиеся дипольными моментами переходов d_{21} и d_{31} . Состояния дублета $|2\rangle$ и $|3\rangle$ спонтанно затухают в основное состояние $|1\rangle$ с константами затухания соответственно γ_{21} и γ_{31} . Безызлучательная релаксация в дублете учитывается константой γ_{32} . А дефазировка системы характеризуется скоростью дефазировки Γ . Оптическая динамика V-КИ в сверхрешетке определяется системой уравнений для матрицы плотности $\rho_{\alpha\beta}$ ($\alpha, \beta = 1, 2, 3$).

Исследования показали, что влияние дефазировки энергетических состояний приводит к подавлению бистабильности и уменьшению отражательной способности метаповерхности. Другим важным оптическим свойством монослоя является его высокая (практически стопроцентная) отражательная способность в определенной полосе частот, т. е. в данной полосе монослой функционирует как идеальное нанометровое зеркало, причем, отражение может быть переключено на пропускание небольшим изменением амплитуды падающего поля (бистабильность).

Выводы. В качестве реализации вышеописанной системы могут рассматриваться суперкристаллы полупроводниковых КТ с вырожденной валентной зоной в магнитном поле, которое вызывает земановское расщепление зоны проводимости квантовой точки. Асимметричные полупроводниковые квантовые точки, в которых анизотропное обменное взаимодействие электрона и дырки является причиной дублетного расщепления одноэкситонного состояния, также могут служить моделью квантового излучателя V типа. Подобные системы представляются перспективными для применения в нанофотонике.