

УДК 539.186.22

ОДНОФОТОННЫЕ СОСТОЯНИЯ В ДВУХМЕРНЫХ МАССИВАХ АТОМОВ

Волков И.А. (Университет ИТМО), Устименко Н.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н., Шеремет А.С.

(Университет ИТМО)

В данной работе получены долгоживущие (субрадиационные) однофотонные состояния в двухмерных дипольных решётках. Возникновение таких состояний объясняется аналитическими особенностями дисперсии, рассчитанной методом дипольных сумм, а также механизмом деструктивной интерференции собственных мод решётки.

Введение.

В последние годы наблюдается значительный прогресс в развитии искусственных квантовых интерфейсов, способных хранить, обрабатывать и передавать квантовую информацию. Это открывает новые возможности в исследованиях связанных квантовых систем как с точки зрения фундаментальной науки, так и для их применения в квантовой коммуникации и вычислениях, а также для создания новых технологических платформ. Однако, для полного внедрения этих разработок необходимо решить ряд фундаментальных проблем, таких как создание эффективного способа хранения квантовой информации и защита квантовой информации от декогеренции.

Основная часть.

Одним из возможных способов решения перечисленных выше проблем является усиление взаимодействия одиночных фотонов с веществом, что может быть реализовано с помощью коллективных субрадиационных мод в двухмерных субволновых массивах атомов. Такие состояния характеризуются продолжительным временем жизни, что позволяет решить перечисленные выше проблемы.

Для нахождения подобных состояний нами были исследованы регулярные атомные решётки различных геометрий (прямоугольные и гексагональные). Рассматриваемые нами решётки состоят из периодически расположенных двухуровневых атомов, имеющих нормальные к плоскости решётки дипольные моменты. Взаимодействие этих дипольных моментов описывается гамильтонианом, содержащим соответствующие компоненты диадной функции Грина (характеризующие как «ближнее», так и «дальнее» поля).

В системе с бесконечной решёткой, используя метод дипольных сумм, мы смогли найти двухмерные дисперсии в прямоугольной и гексагональной решётках. При определённых периодах решёток были обнаружены плоские области дисперсии вблизи края зоны Бриллюэна, что соответствует обнулению групповой скорости и первых двух её производных на краю зоны.

В случае конечной решётки, численно получив собственные значения и собственные функции гамильтониана взаимодействия, мы обнаружили субрадиационные состояния, возникающие при периодах решёток, соответствующих найденным ранее плоским областям дисперсии. Более того, обнаружено, что одно из состояний является также результатом эффекта деструктивной интерференции собственных мод, что делает его наиболее устойчивым к изменению периода решётки.

Выводы.

Найденные в данной работе субрадиационные состояния в дипольных решётках могут найти применение прежде всего в области нанофотоники, где достаточно развиты как методы численного моделирования и эксперимента, так и фабрикация на лабораторном и на промышленном уровнях. Также, совсем недавно стало возможно экспериментальное исследование двухмерных атомных структур. Кроме того, механизмы субрадиации в исследованных нами однофотонных состояниях могут быть применены также в системах с двумя фотонами, которые пока относительно слабо изучены.