

**СУБИЗЛУЧАТЕЛЬНЫЕ ДВУХЧАСТИЧНЫЕ СОСТОЯНИЯ В ОЛИГОМЕРАХ
ДВУХУРОВНЕВЫХ АТОМОВ**

Устименко Н.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доцент, кандидат физико-математических наук Петров М.И.
(Университет ИТМО)

Введение. Современные квантовые технологии хранения и передачи информации основаны на использовании когерентных квантовых состояний в искусственных структурах квантовых излучателей – двухуровневых атомов (систем). Такие структуры могут хранить оптические возбуждения в виде коллективных состояний за счёт диполь-дипольного взаимодействия между атомами. Для практических приложений важным параметром является время жизни состояния (обратный темп эмиссии), поскольку спонтанная эмиссия является одним из основных механизмов декогеренции квантовых систем. Было показано, что при оптимизации геометрии структуры в ней могут возникать субизлучательные состояния, темп эмиссии которых много меньше темпа эмиссии одиночного атома [1]. В частности, кольца атомов с поперечно ориентированными дипольными моментами обладают субизлучательными одночастичными состояниями (т. е. когда в системе есть только одно возбуждение, «распределённое» между атомами) с ненулевым угловым моментом, который может использоваться как дополнительная степень свободы при кодировании и передачи информации [2]. В контексте фундаментальной теории, а также практических приложений, интересны состояния с двумя и более возбуждениями, между которыми могут наблюдаться квантовые корреляции [3]. В этой работе впервые показано, что в структурах из небольшого числа атомов (олигомерах) с вращательной симметрией возникают субизлучательные двухчастичные состояния с ненулевым угловым моментом, а также дано объяснение механизма возникновения этих состояний, который может быть применен к различным геометриям ансамблей атомов.

Основная часть. В работе рассматриваются структуры двухуровневых излучателей с электрическим дипольным переходом, дипольный момент которого ориентирован перпендикулярно к плоскости структуры. Такие структуры описываются эффективным гамильтонианом диполь-дипольного взаимодействия [1], чьи собственные состояния и собственные числа соответствуют коллективным модам системы с произвольным числом возбуждений и их комплексным энергиям (мнимая часть энергии отвечает за темп спонтанной эмиссии). Было показано, что собственные одночастичные состояния одиночного кольца атомов обладают ненулевым угловым моментом [4]. Для подавления эмиссии таких состояний ранее предлагалось использовать кольца с большим числом атомов, однако удержать и упорядочить большое количество атомов в световой ловушке достаточно сложная задача [4]. Поэтому для практических приложений интересна разработка механизмов субизлучения в системах небольшого числа атомов (олигомерах). В этой работе показано, что два кольца атомов обладают субизлучательными состояниями, эмиссия которых значительно подавляется за счёт деструктивной интерференции мод кольца с одинаковым моментом (симметрией). Такой механизм возникновения субизлучательных состояний уже широко изучен для фотонных нанорезонаторов [5], однако для квантовых систем ещё не исследовался полноценно. В настоящей работе показано, что данный механизм может быть использован для получения субизлучательных состояний с двумя возбуждениями из субизлучательных состояний с одним возбуждением, причем проекция углового момента двухчастичного состояния равна сумме проекций моментов одночастичных состояний.

Выводы. В работе исследованы субизлучательные одно- и двухчастичные коллективные состояния с ненулевым угловым моментом, возникающие в олигомерах атомов с вращательной симметрией. Предложен механизм, объясняющий возникновение этих

состояний, на основе деструктивной интерференции двух мод. Такие состояния интересны в контексте фундаментального исследования механизмов субизлучения в квантовых системах, а также в приложениях, связанных с квантовыми системами связи и квантовой памятью.

Список использованных источников:

1. Asenjo-Garcia A. et al. Exponential improvement in photon storage fidelities using subradiance and “selective radiance” in atomic arrays //Physical Review X. – 2017. – Т. 7. – №. 3. – С. 031024.
2. Erhard M. et al. Twisted photons: new quantum perspectives in high dimensions //Light: Science & Applications. – 2018. – Т. 7. – №. 3. – С. 17146-17146.
3. Sheremet A. S. et al. Waveguide quantum electrodynamics: collective radiance and photon-photon correlations //arXiv preprint arXiv:2103.06824. – 2021.
4. Moreno-Cardoner M. et al. Subradiance-enhanced excitation transfer between dipole-coupled nanorings of quantum emitters //Physical Review A. – 2019. – Т. 100. – №. 2. – С. 023806.
5. Koshelev K. L. et al. Bound states in the continuum in photonic structures //Physics-Uspekhi. – 2021. – Т. 93. – №. 12.