

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ НА ДОБРОТНОСТЬ СВЯЗАННЫХ СОСТОЯНИЙ В КОНТИНУУМЕ

Семушев К.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к. ф.-м. н. Маслова Е.Э. (Университет ИТМО)

Введение. Существование особых локализованных состояний системы, энергия которых лежит в непрерывном спектре, было показано Д. фон Нейманом и Ю. Вигнером еще в 1929 году [1]. Такие состояния называются связанными состояниями в континууме (ССК) и наблюдаются не только для квантовых систем, но и других областях, например, акустике [2] и фотонике [3]. Бесконечная добротность является математической абстракцией, которая в реальности ограничена конечностью структуры, материальными потерями, а также шероховатостями структурных элементов, поэтому в действительности мы наблюдаем высокодобротные состояния, образованные по механизму связанных состояний в континууме (квази-ССК). В последние годы активно исследуется влияние геометрических дефектов на добротность ССК [4-5]. В то же время, влияние материальных потерь на резонансные свойства системы также является важным вопросом, поскольку реальные материалы обладают потерями.

Основная часть. В данной работе мы рассматриваем структуру, состоящую из двух слоев диэлектрических стержней, расположенных периодически вдоль одного направления. Диэлектрическая проницаемость стержней равна 2.1, что соответствует тефлону в изучаемом частотном диапазоне 9-10 ГГц. Такая структура поддерживает как защищенные симметрией ССК, допустимые благодаря симметрии системы, так и ССК типа Фабри-Перо, существование которых возможно вследствие подбора параметров системы – расстояния между слоями в нашем случае. С помощью метода конечных элементов, реализованного в программе COMSOL Multiphysics, были найдены собственные моды такой структуры, среди которых выделены квази-ССК. Были получены зависимости добротности и резонансной частоты квази-ССК от величины материальных потерь. Нами показано, что добротность обратно пропорциональна величине материальных потерь как для защищенных симметрией квази-ССК, так и для квази-ССК типа Фабри-Перо. В зависимости от расстояния между слоями ССК типа Фабри-Перо могут быть симметричными или асимметричными относительно поворота на π радиан перпендикулярно направлению периодичности. При отклонении значения расстояния между слоями от оптимального происходит падение добротности ССК. При внесении материальных потерь оптимальное значение смещается как для симметричных ССК типа Фабри-Перо, так и для асимметричных. Мы показали, что зависимость оптимального расстояния между слоями от величины материальных потерь линейна, а добротность при оптимальном значении расстояния между слоями меняется по тому же закону, что и при фиксированном.

Выводы. Проведен анализ влияния материальных потерь на добротность и частоты квази-ССК.

Список использованных источников:

1. J. von Neumann and E. P. Wigner, Z. Phys. 30, 465 (1929)
2. I. Deriy, I. Toftul, M. Petrov, A. Bogdanov: Phys. Rev. Lett. 128, 084301 (2022)
3. K. Koshelev, A. Bogdanov, Y. Kivshar: Science Bulletin 64, 836 (2019)
4. E. E. Maslova, M. V. Rybin, A. A. Bogdanov, Z. F. Sadrieva: Nanophotonics 10, 4313 (2021)
5. M. S. Sidorenko, O. N. Sergaeva, Z. F. Sadrieva, C. Roques-Carmes et al.: Phys. Rev. Appl. 15, 034041 (2021)