

Теория связанных мультиполей для исследования рассеяния на субволновых акустических резонаторах

Смагин М.В. (ИТМО), Петров М.И. (ИТМО)

Научный руководитель – PhD, доцент Петров М.И. (ИТМО)

Введение. В области нанофотоники диэлектрические наночастицы с высоким показателем преломления показали себя как эффективный инструмент для управления электромагнитными волнами в различных спектральных областях [1]. По аналогии с нанофотоникой, в недавних акустических работах лабиринтные метаатомы с высоким эффективным показателем преломления продемонстрировали себя как эффективный базовый элемент для разработки инструментов по управлению звуком, в частности за счёт когерентных эффектов в дальнем поле, таких как направленное рассеяние [2]. Подобно димерам из диэлектрических частиц [3], ансамбли из двух резонансных метаатомов могут служить базовыми элементами для разработки новых инструментов для управления звуком, основанных на резонансном взаимодействии между ними. В данной работе исследуется акустическое поведение базового элемента, состоящего из димера лабиринтных метаатомов с высоким эффективным показателем преломления. Взаимодействия, определяющие спектральные особенности рассеянного излучения и усиление поля в димере, были продемонстрированы и изучены с помощью аналитической модели связанных мультиполей.

Основная часть. Для расчёта акустического рассеяния димерной комплексной частицы был применен формализм поляризуемости частицы, широко применяемый в оптике. При помощи теории связанных мультиполей, были получены выражения для поляризуемостей частиц в димере с поправкой в присутствии второй частицы.

На основе полученных выражений было получено общее выражение поляризуемости частицы, состоящей из димера двух отдельных частиц. Было проведено параметрическое исследование зависимости поляризуемости комплексной димерной частицы в зависимости от параметров частиц в димере. На основе данного исследования определены параметры для достижения эффектов переключаемого направленного рассеяния (эффекта Керкера, в том числе поперечного), а также чисто бианизотропного отклика частицы.

На основе полученных теоретических параметров были предложены реальные метаструктуры, способные достигать означенные эффекты. Проявление данных эффектов было подтверждено с помощью теоретического и численного расчёта. Численный расчёт был проведён для реальных структур в численном пакете COMSOL.

Выводы. Была разработана теоретическая основа для исследования акустического рассеяния на димерах из произвольных резонансных частиц. На основе данной теории были исследованы эффекты направленного рассеяния и бианизотропного отклика, определены параметры реальных димерных частиц для достижения направленного рассеяния.

Список использованных источников:

1. Kivshar Y. The rise of Mie-tronics // Nano Letters. 2022. Т. 22. № 9. С. 3513–3515.
2. Wu H.-W. и др. Acoustic generalized Kerker effect // Applied Physics Express 2021. Т. 14. № 9. С. 095501.
3. Albella P. и др. Low-Loss Electric and Magnetic Field-Enhanced Spectroscopy with Subwavelength Silicon Dimers // The J. of Phys. Chemistry C. 2013. Т. 117. № 26. С. 13573–13584.