Металинзы для фокусировки ультразвука в воде

Железнова Александра (ИТМО), Мария Красикова (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Богданов А.А.

Введение. Последнее десятилетие ознаменовалось активным изучением метаструктур, которые позволяют эффективно управлять акустическими полями на субволновых масштабах. Одной из потенциальных областей применения метаматериалов является биомедицина, в частности передатчики и сенсоры для диагностики, системы передачи энергии и данных, и акустические пинцеты. Метаматериалы в таком случае могут применяться в качестве фокусирующих систем. Однако, несмотря на ряд работ в области металинз для фокусировки акустических волн в воздухе, а также нескольких примеров для водных сред, разработка металинз для фокусировки ультразвука в воде по-прежнему остается сложной инженерной задачей, связанной с большими потерями энергии, вызванными низким контрастом импедансов между водой и твердыми материалами, из которых могут быть изготовлены линзы.

Основная часть. Работа посвящена разработке линзы Френеля для фокусировки ультразвука в воде. Конструкция линзы основана на использовании нескольких дифракционных решеток, параметры которых подобраны таким образом, что дифрагированные волны сходятся в фокальном пятне в зоне прохождения линзы. При помощи численного моделирования и методов оптимизации были получены параметры элементов решеток, при которых достигается максимизация прохождения в -1 канал дифракции. Показано, что коэффициент прохождения в этот канал может быть порядка 0.8, если элементы решетки выполнены из титана. При помощи численного моделирования также продемонстрирована возможность фокусировки при помощи разработанной металинзы, и показано, что фокусировка достигается как для металлических линз, так и для линз, выполненных из пластика. Результаты вычислений подтверждены экспериментальными измерениями, проведенными для линз из акрилового пластика, изготовленных методом 3D печати. Центр фокального пятна при этом расположен в дальней зоне линзы, на расстоянии порядка 40-45 длин волн.

Вывод. Была разработана линза для фокусировки ультразвука в воде. При помощи моделирования и экспериментальных измерений показано, что пластиковая линза позволяет фокусировать ультразвук в дальней зоне линзы.

Список использованных источников:

1. Dong, E., Cao, P., Zhang, J., Zhang, S., Fang, N. X. and Zhang, Y. Underwater acoustic metamaterials, p. nwac246.

2. Lu, Q., Li, X., Zhang, X., Lu, M. and Chen, Y. Perspective: Acoustic metamaterials in future engineering, *Engineering*, 17, 22–30, (2022).
3. Li, W., Meng, F. and Huang, X. Coding metalens with helical-structured units for acoustic focusing and splitting, *Applied Physics Letters*, 117 (2), 021901, (2020).
4. Yuan, B., Liu, J., Liu, C., Cheng, Y. and Liu, X. Resonant tunneling compression and evanescent wave amplification by an acoustic metalens, *Applied Acoustics*, 178, 107993, (2021).
5. Kim, C., Kim, J. and Jeon, W. Realization of an acoustic metalens exhibiting broadband high transmission, *Journal of Sound and Vibration*, 529, 116910, (2022).
6. Gao, H., Gu, Z., Liang, S., Liu, T., Zhu, J. and Su, Z. Enhancing ultrasound transmission and focusing through a stiff plate with inversely optimized auxiliary meta-lens, *Applied Physics Letters*, 120 (11), 111701, (2022).
7. Ren, Z., Dong, H.-W., He, X., Chen, M. and Fang, D. Underwater gradient metalens for broadband subwavelength focusing, *International Journal of Mechanical Sciences*, 229, 107521, (2022).
8. Jiang, X., He, J., Zhang, C., Zhao, H., Wang, W., Ta, D. and Qiu, C.-W. Three-dimensional ultrasound subwavelength arbitrary focusing with broadband sparse metalens, *Science China Physics, Mechanics & Astronomy*, 65 (2), 224311, (2022).