МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТРУДЫ
ПЯТНАДЦАТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНЧЕСКИХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИНКУБАТОРОВ

Томск, 17–19 мая 2018 г.

ТОМСК
«Издательство НТЛ»
2018

Управление частицами в воздухе на основе ультразвуковой левитации[1]

Е.К. Сивков, Д.Я. Суханов

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Ультразвуковая левитация в воздухе для малоразмерных частиц обеспечивается за счёт смещения частиц в экстремумы поля. Акустическая левитация в воздухе находит всё больше областей применения [1–3]. В частности разрабатывается технология тягового луча [1] и подшипники с минимизацией трения [2, 3]. В работе [4] продемонстрирована возможность левитации большого плоского объекта (диска) размерами много больше длины волны. Ультразвуковая левитация также применяется для очистки поверхностей от частиц малого размера [5]. При увеличении мощности и фокусировке излучения возможно обеспечение левитации крупных объектов произвольной формы [6, 7].

Основная часть

В данной работе применяются две встречно направленные фазированные решётки излучателей, сфокусированные в центре между ними. Частицы субдлинноволновых размеров левитируют в протяжённой области интерференции встречных волн. Чтобы частица удерживалась в определённой точке пространства, необходимо создать в ней экстремум поля. Предлагается разместить излучатели в гексагональной сетке, как показано на рис. 1.

Фаза каждого излучателя регулировалась высотой размещения в отверстии. Было синтезировано требуемое расположение 91 излучателя для каждой решетки.

В среде численного моделирования COMSOL был произведен расчет поля, излучаемого решетками излучателей, результат представлен на рис. 2. Из рисунка видно, что поле фокусируется в центре.

Также в среде COMSOL было смоделировано поведение частиц в ультразвуковом поле (рис. 3).

[1] Научное исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 17-79-20051.

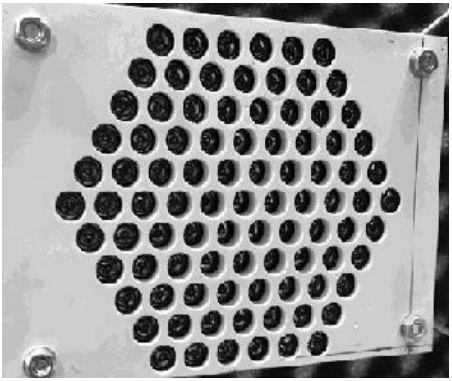

Рис. 1. Решетка излучателей

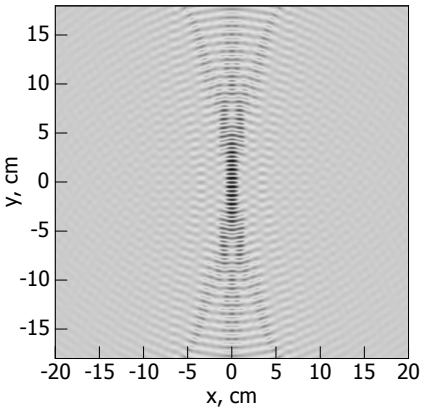

Рис. 2. Ультразвуковое поле (давление), излучаемое решетками излучателей

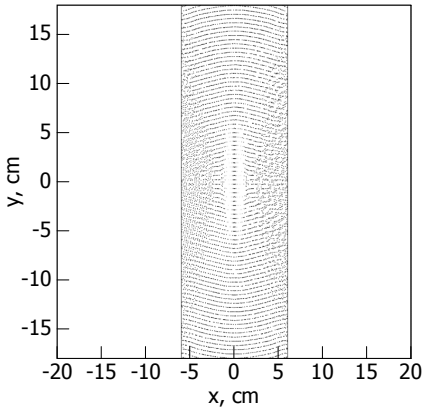

Рис. 3. Поведение частиц в ультразвуковом поле

Можно наблюдать, что частицы группируются в область фокусировки, и присутствует сила, действующая в поперечном направлении, направляющая частицы к центральной оси.

Для экспериментальных исследований была создана установка, состоящая из двух решеток излучателей из элементов MA40S4S. Все излучатели были подключены параллельно к мощному усилителю на микросхеме TDA7297. Работающая лабораторная установка для ультразвуковой левитации в воздухе на основе решётки излучателей на частоте 40 кГц представлена на рис. 4.

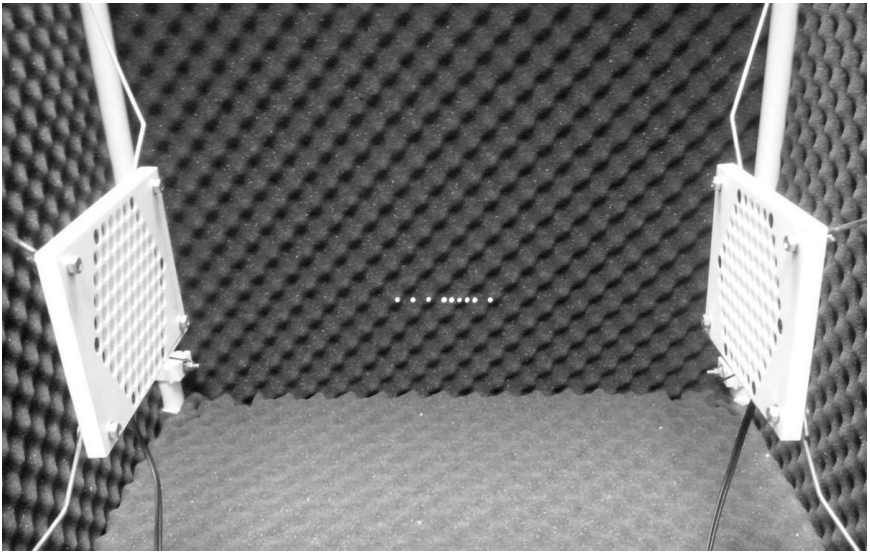

Рис. 4. Лабораторная установка для ультразвуковой левитации

Таким образом, экспериментально показана левитация частиц пенопласта. Левитация обеспечивается продолжительное время за счёт действия колебаний давления ультразвуковых волн. Встречный излучатель формирует узлы стоячих волн по дальности, что дает возможность управлять положением частицы по одной оси за счет регулирования разности фаз прямого и встречного излучателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Démoré C.E.M., Dahl P.M., Yang Z., et al.* Acoustic tractor beam // Physical Review Letters. 2014. V. 112 (17). Art. no. 174302.
2. *Wang J.-S., Chen C., Chen G.-C., Yan X.-J.* Research on a new type of ultrasonic bearing based on near field acoustic levitation // Proceedings of the 2013 Symposium on Piezoelectricity, Acoustic Waves and Device Applications, SPAWDA. 2013. No. 6841135.
3. *Chen C., Wang J., Jia B., Li F.* Design of a noncontact spherical bearing based on near-field acoustic levitation // J. Intelligent Material Systems and Structures. 2014. V. 25. Iss. 6. P. 755–767.
4. *Zhao S., Wallaschek J.* A standing wave acoustic levitation system for large planar objects // Archive of Applied Mechanics. 2011. V. 81. Iss. 2. P. 123–139.
5. *Fuhrmann A., Marshall J.S., Wu J.* Effect of acoustic levitation force on aerodynamic particle removal from a surface // Applied Acoustics. 2013. V. 74. Iss. 4. P. 535–543.

6. *Andrade M.A.B., Okina F.T.A., Bernassau A.L., Adamowski J.C.* Acoustic levitation of an object larger than the acoustic wavelength // J. Acoustical Society of America. 2017. V. 141. Iss. 6. P. 4148–4154.
7. *Andrade M.A.B., Bernassau A.L., Adamowski J.C.* Acoustic levitation of a large solid sphere // Applied Physics Letters. 2016. V. 109. Iss. 4. No. 044101.

Сивков Евгений Константинович, студент; esivkov@mail.com;
Суханов Дмитрий Яковлевич, д.ф.-м.н., профессор; sdy@mail.tsu.ru