

ЗАХВАТ ЧАСТИЦ ШИРОКОПОЛОСНЫМ ВИХРЕВЫМ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ПОЛЕМ*

Д.Я. Суханов, С.Н. Росляков

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Предлагается способ захвата частиц в широкополосном вихревом акустическом поле в воздухе. Рассматривается размещение излучателей на поверхности сферического пояса с радиальным сдвигом, обеспечивающим формирование вихревого поля. Представлены результаты численных расчетов и результаты экспериментальных исследований. Показано, что в широкополосном поле обеспечивается единственная точка, где поддерживается стабильный захват частицы.

Ключевые слова: акустический захват, вихревое акустическое поле, ультразвуковая фазированная решетка, линейная частотная модуляция.

Введение

Технологии акустической левитации имеют потенциал применения в медицине, экспериментальной химии, аддитивном производстве, сортировке частиц. В настоящее время ученые из разных стран предлагают свои варианты реализации левитации частиц акустическим полем. Например, в работах [1–3] предложены решения, основанные на взаимодействии двух или четырех встречно направленных узкополосных ультразвуковых решеток, расположенных по граням куба. Такая конфигурация позволяет левитировать частицы, управлять ими в трехмерном пространстве, производить сортировку по размеру. Однако использование узкополосного поля приводит к тому, что частицы в области левитации группируются в периодическую структуру, образованную узлами стоячих волн. В [4] предлагается реализация установки, основанная на описанном выше решении, которая захватывает, переносит и позиционирует электрические компоненты на печатную плату, а затем они припаиваются лазером. Ранее нами также были проведены эксперименты по узкополосной левитации малоразмерных частиц и объектов размерами больше длины волны [5]. В подобных системах для локализации области левитации частиц необходимо применение дополнительной излучающей решетки, обеспечивающей их перегруппировку между различными узлами стоячих волн. В работе [6] нами было показано, что применение широкополосных ультразвуковых сигналов позволяет без дополнительных источников сформировать локализованную область захвата частиц. Экспериментально подтверждено, что сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) подходит для акустической левитации. В случае использования широкополосного поля вдоль оси фокусировки возникает сила, обеспечивающая смещение частиц в центральную область. Однако две плоские противоположные решетки не обеспечивают поле сил во всем объеме. Применение четырех плоских решеток, размещенных по граням куба, позволяет увеличить область захвата при фокусировке сходящихся цилиндрических волн, что снижает амплитуду поля в области фокуса относительно сходящихся сферических волн.

В данной работе предлагается метод формирования широкополосного вихревого поля излучателями, размещенными на поверхности сферического пояса для создания поля сил, группирующей частицы в центральную область, где обеспечивается стабильный захват и левитация. Частица, попадая в область действия поля внутри сферического пояса, должна затягиваться в центральную область.

Вихревая акустическая ловушка

Предлагается широкополосная акустическая вихревая ловушка для левитации частиц в воздухе на основе решетки излучателей, размещенной на сферическом поясе. Для создания вихревого поля излучатели сдвинуты по радиусу на долю длины волны, пропорциональную азимутальному углу (угол 2π соответствует увеличению радиуса на длину волны). В данном случае рассматривается длина волны для центральной частоты широкополосного сигнала. На рис. 1 представлено

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-32-90066.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>