

## ЭЛЕКТРОННЫЙ МАКЕТ ТРЁХМЕРНОЙ ОКТУПОЛЬНОЙ ЛОВУШКИ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ИОННЫХ КВАЗИКУЛОНОВСКИХ СТРУКТУР

Пеунков А.А. (Университет ИТМО), Семьнин М.С. (Университет ИТМО),  
Рыбин В.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д. ф.-м. н., профессор, Рождественский Ю.В.  
(Университет ИТМО)

**Введение.** В настоящее время существуют значительные трудности при реализации квантового компьютера с большим количеством квантово-запутанных кубитов. Ограничение на количество элементов в одномерной цепочке ионов связано с особенностями формирования потенциала в двумерной (или линейной) ионной ловушке, одной из наиболее популярных баз для квантовых вычислений. Двумерные ионные ловушки позволяют ограничить движение ионов по двум трансляционным степеням свободы, для ограничения движения ионов по третьей степени используются запирающие электроды. Однако, использование запирающих электродов приводит к деформации идеального поля и ограничению максимального числа квантово-запутанных кубитов. Одним из возможных решений этой проблемы является использование трехмерных мультипольных ионных ловушек, в которых локализация ионов происходит сразу по трем трансляционным степеням свободы в изолированных локальных потенциальных минимумах [1-2].

**Основная часть.** В настоящей работе рассматривается частный случай трехмерной мультипольной ионной ловушки, а именно октупольная конфигурация. Для формирования идеального трехмерного октупольного электрического потенциала ионная ловушка должна обладать гиперболической формой электродов, что является сложной задачей с точки зрения технической реализации. Аппроксимация идеальной формы электродов ловушки сферической и тороидальными формами всё также обеспечивает формирование трехмерного октупольного потенциала с точностью 95% на 0,7 радиуса рабочей области ловушки [3]. Оптимизированная форма геометрии электродов позволяет локализовывать заряженные частицы в пространственно изолированных потенциальных минимумах с возможностью формирования квазикулоновских структур. С учетом предложенных упрощений формы электродов был реализован электронный макет трехмерной октупольной ловушки для определения оптимальных технических характеристик ловушки. Было рассмотрено три конфигурации питания электродов. В качестве объекта локализации рассматривались микрочастицы с характерным радиусом  $10^{-7} - 10^{-4}$  м. В ходе исследовательских испытаний электронного макета проводилось численное моделирование динамики заряженных частиц в рабочей области ловушки. Были получены зависимости эффективности локализации заряженных частиц от размеров электродов ловушки, от частот и амплитуд переменного напряжения на электродах, и размеров объектов локализации. Было определено количество потенциальных минимумов для каждой схемы питания ловушки. На основании анализа полученных данных была выделена одна из трех рассматриваемых схем питания, с точки зрения компактности ловушки, ширины полосы рабочих частот переменного напряжения на электродах, количества потенциальных минимумов и диапазона размеров объектов локализации.

**Выводы.** В работе представлены результаты исследовательских испытаний электронного макета трехмерной октупольной ловушки для локализации ионных квазикулоновских структур. Определены оптимальные технические характеристики трехмерной октупольной ловушки, а именно радиус ловушки, размер электродов, диапазоны частот и амплитуд переменного напряжения, диапазон размеров объектов локализации. Также выбрана оптимальная схема питания электродов ловушки. Полученные результаты определяют физический облик трехмерной октупольной ловушки, необходимый для проектирования и изготовления опытного образца.

**Список использованных источников:**

1. Vasilyev M., Rudyi S., Rozhdestvensky Y. Theoretical description of electric fields in three-dimensional multipole ion traps //European Journal of Mass Spectrometry. – 2021. – Т. 27. – №. 5. – С. 158-165.
2. Rudyi S. et al. Stability problem in 3D multipole ion traps //International Journal of Mass Spectrometry. – 2022. – Т. 479. – С. 116894.
3. Rybin V. et al. Geometry Optimization for 3D Octupole Ion Trap //2022 International Conference on Electrical Engineering and Photonics. – IEEE, 2022. – С. 313-314.