

УДК 531.32

КВАЗИКУЛОНОВСКИЕ СТРУКТУРЫ В ТРЕХМЕРНОЙ МУЛЬТИПОЛЬНОЙ ИОННОЙ ЛОВУШКЕ

Глухарёв Д.А. (Университет ИТМО), Семынин М.С. (Университет ИТМО),
Рыбин В.В. (Университет ИТМО)

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

Введение. Ионные ловушки – устройства для долговременного электродинамического удержания заряженных частиц в пространстве. Ионные ловушки могут быть классифицированы по двум основным критериям: порядок мультипольности потенциала (квадрупольные и мультипольные); мерность псевдопотенциала (двумерные и трехмерные), определяющая количество трансляционных степеней свободы, по которым происходит удержание объекта локализации. Широко известны и активно применяются двумерные (или линейные) и трехмерные квадрупольные ионные ловушки, характеризующиеся одиночным минимумом эффективного потенциала. Двумерные ловушки старших порядков мультипольности, известные как двумерные мультипольные ионные ловушки, могут характеризоваться множественностью потенциальных минимумов. В настоящей работе рассматриваются особенности формирования потенциала в ловушках нового типа, а именно в трехмерных мультипольных ионных ловушках (3DMIT). 3DMIT объединяют свойства мультипольных ловушек – множественность потенциальных минимумов, и трехмерных ловушек – пространственная изолированность этих минимумов [1].

Основная часть. Особенностью 3DMIT конфигурации, в отличие от других существующих ловушек, является возможность формирования эффективного потенциала с несколькими изолированными минимумами. Такая конфигурация поля позволяет формировать ионные структуры нового типа – «квазикулоновские кристаллы», в которых положение узловых элементов определяется не столько кулоновским взаимодействием, как в классических кулоновских структурах, сколько пространственным положением минимумов эффективного потенциала ловушки [2]. Кроме того, еще одним важным отличием 3DMIT конфигурации является возможность управления пространственным положением потенциальных минимумов, напрямую за счёт изменения режимов питания ловушки, и, как следствие, управление линейным размером квазикулоновского кристалла. Для демонстрации принципов формирования квазикулоновской структуры было проведено численное моделирование динамики шести ионов Ca^+ , локализованных в шести потенциальных минимумах трехмерной октапольной ловушки. Кулоновское взаимодействие частиц учитывалось по принципу “каждый с каждым”. Была показана возможность управления положением заряженных частиц за счет изменения координат соответствующих потенциальных минимумов в результате вариации постоянной компоненты напряжения на электродах ловушки. Таким образом, за счет изменения расстояния между заряженными частицами открывается возможность прямого управления силой их кулоновского взаимодействия, вплоть до перехода от квазикулоновских к классическим кулоновским структурам.

Выводы. В работе представлены результаты исследования процессов формирования квазикулоновских структур в поле трехмерной октапольной ионной ловушки. Показана возможность управления положением заряженных частиц в узлах квазикулоновского кристалла, и как следствие силой их кулоновского взаимодействия, за счет изменения питания электродов ловушки. Описанные особенности трехмерных мультипольных ионных ловушек делают их перспективной элементной базой для проведения исследований в областях физики плазмы, физики твердых тел, а также в направлениях квантовых симуляций.

Список 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.