

УДК 535.015

## Многочастичные потери в линейной квадрупольной ловушке Пауля

А.С. Борисенко<sup>1,2,3</sup>, И.А. Семеригов<sup>2,3</sup>, И.В. Заливако<sup>1,2,3</sup>, К.Ю. Хабарова<sup>2,3,4</sup>, В.Н. Сорокин<sup>2,3</sup>,  
Н.Н. Колачевский<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup>Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН

<sup>3</sup>Российский квантовый центр

<sup>4</sup>ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений»

На сегодняшний день в задачах квантовой логики и метрологии охлаждённые ионы являются перспективным объектом [1-2]. Наличие у ионов электрического заряда позволяет сравнительно легко захватывать их в ловушки, прикладывая небольшие по величине электрические поля. Глубина ионных ловушек достигает 10 эВ и является достаточной для захвата даже высокоэнергетичных ионов, получаемых из тепловых источников.

Нами создана радиочастотная ловушка Пауля для захвата и удержания ионов магния и алюминия и осуществлен захват ионов магния, получаемых электронным ударом нейтральных атомов в центре ловушки. Максимально число ионов, которое удалось продемонстрировать составило 100 единиц. Однако время жизни таких ионов в ловушке оказалось относительно небольшим и составило 1,7 с.

На время жизни ионов в ловушке могут оказывать влияние различные факторы, такие как: обмен зарядами с молекулами остаточного газа в камере, сдвиг фазы радиочастотного поля между удерживающими электродами ловушки, паразитные заряды и контактная разность потенциалов на электродах ловушки, а также другие механизмы, приводящие к увеличению кинетической энергии ионов [3-5].

Для определения механизма потерь горячих ионов из ловушки нами проведено численное моделирование динамики горячих ионов в ловушке с учётом многочастичного взаимодействия. Моделирование показало, что основной причиной вылета ионов из ловушки является ион-ионное взаимодействие, в то время как влияние других механизмов намного менее выражено. Анализ полученных данных выявил, что уменьшение кинетической энергии ионов и их числа должно приводить к уменьшению потерь, связанных с этим каналом [6].

Действительно, после осуществления доплеровского охлаждения ионов, время жизни облака существенно возросло и составило 120 с (рис.1).

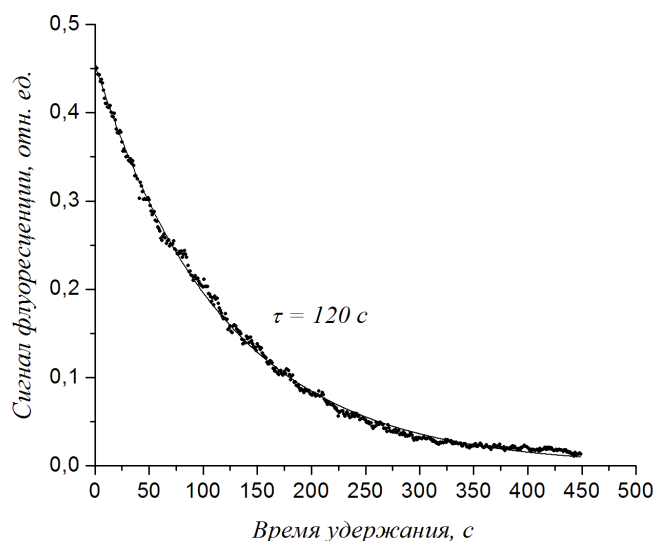


Рис. 1. Зависимость сигнала флуоресценции охлаждённых ионов от времени их удержания. Сплошная кривая – экспоненциальная аппроксимация данных с постоянной времени  $\tau = 120$  с.

## Литература

1. *Tan T.R., Gaebler J.P., Lin Y., Wan Y., Bowler R., Leibfried D., Wineland D.J.* Multi-element logic gates for trapped-ion qubits // *Nature*. 2015. V. 528. P. 380-383.
2. *Wineland D.J., Bergquist J.C., Berkeland D. [et al.]* Application of laser-cooled ions to frequency standards and metrology // *Proceedings of the Fifth Symposium on Frequency Standards and Metrology*. 1995. P. 11-19.
3. *Harmon T.J., Moazzan-Ahmadi N., Thompson R.I.* Instability heating of sympathetically cooled ions in a linear Paul trap // *Phys. Rev. A*. 2003. V. 67. 013415.
4. *Berkeland D.J., Miller J.D., Bergquist J.C., Itano W.M., Wineland D.J.* Minimization of ion micromotion in a Paul trap // *J. Appl. Phys.* 1998. V. 83. 5025.
5. *Andelkovic Z., Cazan R., Nörtershäuser W., Bharadia S., Segal D.M., Thompson R.C., Jöhren R., Vollbrecht J., Hannen V., Vogel M.* Laser cooling of externally produced Mg ions in a Penning trap for sympathetic cooling of highly charged ions // *Phys. Rev. A*. 2013. V. 87. 033423.
6. *Семериков И.А., Заливако И.В., Шпаковский Т.В., Борисенко А.С., Хабарова К.Ю., Сорокин В.Н., Колачевский Н.Н.* Многочастичные потери в линейной квадрупольной ловушке Пауля // *Квантовая электроника*. 2016. Т. 46. №10. С. 935-940.