

Пленение ионов Mg^+ в линейной радиочастотной квадрупольной ловушке и их лазерное охлаждение

И. В. Заливако^{1,2}, И. А. Семеринов², Т.В. Шпаковский^{2,3}, К.Ю. Хабарова^{2,3}, В.Н. Сорокин^{2,3}, Н.Н. Колачевский^{1, 2, 3}

¹ Московский физико-технический институт (Государственный университет), 141700, МО, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н.Лебедева Российской академии наук, 119991, ГСП-1, Москва, Ленинский проспект, д.53

³ Российский квантовый центр, 143025 МО, Сколково, Россия

Сегодня одним из перспективных объектов прецизионных спектроскопических исследований являются охлажденные ионы. Возможность локализовать одиночные ионы в радиочастотных ловушках в хорошо контролируемых условиях, а также эффективно осуществлять их лазерное охлаждение, делает их многообещающими кандидатами для применения в сферах квантовых вычислений и метрологии. Холодные ионы, наряду с захваченными в оптические решетки нейтральными атомами, в частности, применяются для создания оптических часов. Одним из ионов, применяемых для этой цели, является ион Al^+ . Он обладает перспективным часовым переходом $^1S_0 - ^3P_0$ на длине волны 267 нм, с естественной шириной линии 8 мГц, слабо подверженным воздействию внешних полей и обладающим малым сдвигом черного тела[1]. В виду отсутствия у иона алюминия доступных для современных непрерывных лазеров охлаждающих переходов, к нему не могут быть применены метод прямого лазерного охлаждения, а также метод квантовых скачков для детектирования состояния часового перехода. Вместо них применяются методы симпатического охлаждения и квантовой логики[2] соответственно, требующие захвата в ловушку дополнительного иона, к примеру, Mg^+ или Be^+ . Достигнутый на сегодняшний день уровень относительной нестабильности оптических часов на основе иона алюминия составляет 8.6×10^{-18} [3]. Столь высокие характеристики оптических стандартов частоты позволяют использовать их для исследования дрейфа фундаментальных констант, гравиметрии и улучшения точности систем глобального позиционирования.

Нашей группой в ФИАНе разрабатывается оптический стандарт частоты на основе одиночного иона Al^+ . В ходе работы была создана установка для захвата ионов Al^+ и Mg^+ в линейную квадрупольную ловушку Пауля и их охлаждения. Были произведены исследования ловушки, в частности, было исследовано время жизни ионов в ней, составившее 1.7 с (рис. 1). Для лазерного охлаждения ионов Mg^+ применяется переход $D2$ на длине волны 279.6 нм. Излучение на этой длине волны было получено как четвертая гармоника диодного лазера Toptica TA Pro 1120 нм. Генерация четвертой гармоники осуществляется при помощи двух последовательно расположенных нелинейных кристаллов LBO и VBO, помещенных в резонаторы. При мощности излучения в 850 мВт на длине волны 1120 нм на входе каскада, было получено 11 мВт излучения на длине

волны 280 нм. К иону Al^+ будет применяться метод симпатического охлаждения, а также метод квантовой логики, для считывания состояния часового перехода.

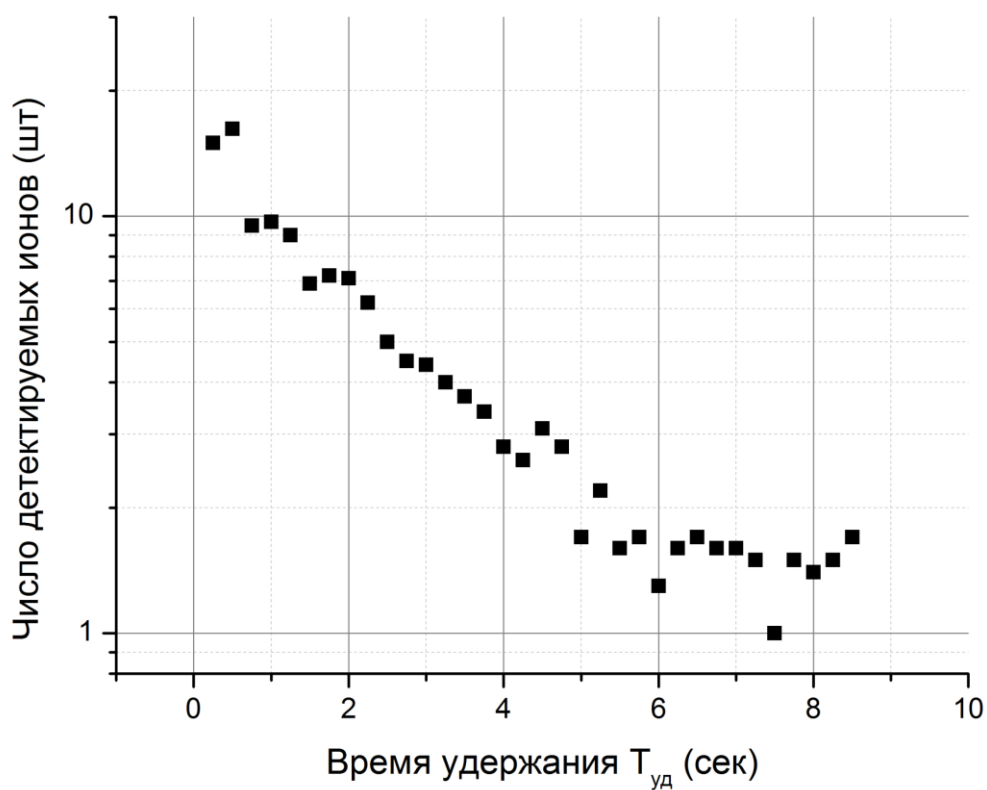


Рис 1. Количество ионов в ловушке от времени хранения

Литература

- [1] Rosenband T., et al. Blackbody radiation shift of the $27Al^+$ $1S_0-3P_0$ transition // Proc. EFTF Conf. – 2006 – p. 289
- [2] Schmidt P. O., et al. Spectroscopy Using Quantum Logic – Science – 2005 – 309 – 749
- [3] Chou C.W., et al. Frequency Comparison of Two High-Accuracy Al^+ Optical Clocks – Phys. Rev. Lett. – 2010 – 104 – 070802