

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.023.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 05 октября 2020 г. №82

О присуждении Семерикову Илье Александровичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Лазерное охлаждение ионов Mg^{+} и Yb^{+} в квадрупольной ловушке Пауля для квантовой логики» по специальности 01.04.05 – «Оптика» принята к защите 09 июля 2020 года, протокол № 78 диссертационного совета Д002.023.03, созданного 11 апреля 2012 года приказом № 105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Семериков Илья Александрович, 1992 года рождения, в 2015 году окончил Факультет общей и прикладной физики Московского физико-технического института (МФТИ), защитив магистерскую дипломную работу. С 1 сентября 2015 года обучался в аспирантуре ФИАН по направлению «Физика и астрономия» по специальности 01.04.05 «Оптика» и окончил её 31 августа 2019 года. Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана ФИАН в 2020 году. С января 2015 года И.А. Семериков работает в Отделе спектроскопии Отделения оптики ФИАН, в настоящее время по результатам конкурса занимает должность высококвалифицированного младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа И.А. Семерикова выполнена в Отделе спектроскопии Отделения оптики ФИАН.

Научный руководитель: член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук Колачевский Николай Николаевич, директор ФИАН.

Официальные оппоненты:

1. Пальчиков Виталий Геннадьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Главного метрологического центра Государственной службы времени и частоты (ГМЦ ГСВЧ (НИО-7)) Федерального государственного унитарного предприятия Всероссийского научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ);
2. Юдин Валерий Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории квантовых сенсоров Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИЛФ СО РАН)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), город Дубна, Московская область, в своем положительном заключении, подписанном доктором технических наук, профессором Урзаковым Эрнастом Истюреевичем, советником лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ, и академиком РАН, доктором физико-математических наук, профессором Мешковым Игорем Николаевичем, главным научным сотрудником Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ, председателем секции физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники общеинститутского семинара, научным руководителем ускорительно-коллайдерного проекта NICA, и утвержденном академиком РАН, доктором физико-математических наук, профессором Матвеевым Виктором

Анатолевичем, директором ОИЯИ, указала, что соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 6 работ, из них 3 работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science. Результаты работы доложены на 5 российских и международных конференциях и симпозиумах.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем И.А. Семериковым работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. И. А. Семериков, И. В. Заливако, Т. В. Шпаковский, А. С. Борисенко, К.Ю. Хабарова, В. Н. Сорокина, Н. Н. Колачевский/ Многочастичные потери в линейной квадрупольной ловушке Пауля // Квантовая электроника – 2016– Т. 46, № 10 – с.935-940.
2. И. В. Заливако, А. С. Борисенко, И. А. Семериков, К. Ю. Хабарова, Н. Н. Колачевский/ Доплеровское лазерное охлаждение и исследование колебательного спектра ионов $^{24}\text{Mg}^+$ в линейной ловушке Пауля// Квантовая электроника – 2018 – Т. 48, № 5 – с.448-452.
3. I. A. Semerikov I. V. Zalivako A. S. Borisenko K. Y. Khabarova N. N. Kolachevsky/ EIT Ground State Cooling Scheme of $^{171}\text{Yb}^+$ Based on the $^2S_{1/2} \rightarrow ^2P_{1/2}$ Cooling Transition// Journal of Russian Laser Research – 2018 – Vol. 39, No. 6 – pp. 568-574.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у них признанных достижений в области работы с локализованными ионами и их лазерной спектроскопии.

Диссертационный совет отмечает, что в диссертации исследованы вопросы захвата, доплеровского и глубокого охлаждения ионов магния и

иттербия.

В работе получены следующие результаты:

1. Спроектирована линейная квадрупольная ловушка Пауля с эффективным оптическим доступом, выполнено численное моделирование пространственного распределения потенциала внутри ловушки.
2. На основе спроектированной ловушки изготовлена высоковакуумная система для удержания, загрузки и детектирования ионов. Ионы детектируются при помощи каналотронов с временным разрешением 20 нс. Также изготовлена оптическая система регистрации сигнала люминесценции ионов с разрешением порядка 3 мкм и возможностью детектирования отдельных ионов.
3. Измерена зависимость числа ионов, захваченных в ловушку, от времени удержания при фиксированном времени загрузки ионов в ловушку без применения охлаждения. Характерное время жизни при использованных в эксперименте параметрах составило 1,7 секунды.
4. Проведено численное моделирование динамики ионов в линейной квадрупольной ловушке Пауля. По результатам численного моделирования получено, что скорость потерь составляет порядка 3 с^{-1} при 8-ми удерживаемых ионах.
5. Создана система для лазерного охлаждения $^{24}\text{Mg}^+$. Мощность лазерного излучения на длине волны 280 нм составляет 10 мВт. Проведено лазерное охлаждение больших ионных кристаллов, ионных цепочек, одиночного иона.
6. Измерены секулярные частоты колебаний одного и двух ионов в ловушке. Вдоль оси ловушки частота колебаний одиночного иона составила $2\pi \times 51,5 \pm 1,0 \text{ кГц}$, для пары ионов $2\pi \times 51,5 \pm 1,0 \text{ кГц}$ и $2\pi \times 91,0 \pm 1,0 \text{ кГц}$, что соответствует теоретическим предсказаниям для квадратичного потенциала.
7. Методом аппроксимации спектра люминесценции одиночного иона

профилем Фойгта измерена верхняя граница температуры иона в ловушке. Эта граница составила $T = 39 \pm 5$ мК.

8. Рассчитана статическая населенность уровня $^2P_{1/2}(F=0)$ иона $^{171}\text{Yb}^+$ в присутствии трех оптических полей, связывающих каждую из магнитных компонент состояния $^2S_{1/2}(F=1)$ с уровнем $^2P_{1/2}(F=0)$, в зависимости от отстройки π поляризованного излучения. Проведены расчеты среднего колебательного числа иона иттербия в зависимости от частоты колебательной моды. Показано, что при приложении трех таких оптических полей может быть получено среднее колебательное число $\langle n \rangle$ ниже 0,1 в диапазоне секулярных частот от $\Omega_{\text{сек}} = 2\pi \times 0,9 \text{ МГц}$ до $\Omega_{\text{сек}} = 2\pi \times 2,5 \text{ МГц}$.

Результаты работы И.А. Семерикова оригинальны и научно обоснованы. Их достоверность подтверждается соответствием теоретических расчетов и экспериментов, достаточной обоснованностью в теоретических расчетах, корректностью экспериментальных методик и высоким классом экспериментальной техники. Все результаты получены лично автором либо при его непосредственном участии.

Научная новизна полученных результатов обусловлена тем, что методом численного решения уравнений движения иона в потенциале ловушки были исследованы многочастичные потери ионов из ловушки; методом аппроксимации спектра люминесценции профилем Фойгта измерена верхняя граница температуры одиночного иона; для глубокого охлаждения ионов $^{171}\text{Yb}^+$ предложен метод двойной электромагнитно-индуцированной прозрачности.

Практическая значимость работы связана с тем, что полученные в работе результаты могут быть использованы для создания ионного квантового компьютера в России. Так, лазерное охлаждение цепочки ионов и детектирование сигнала люминесценции одиночных ионов являются необходимым шагом на пути создания ионного квантового компьютера.

Результаты работы могут быть использованы в области создания

стандартов частоты нового поколения, включая транспортируемые варианты оптических часов на основе одиночного иона.

В диссертационной работе решена задача лазерного охлаждения ионов Mg и подбора схемы эффективного глубокого охлаждения иона Yb, что является необходимым шагом на пути создания ионного квантового вычислителя в России.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

На заседании 05 октября 2020 года диссертационный совет принял решение присудить И.А. Семерикову учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 22 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.05 – Оптика), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 22,

против присуждения учёной степени - 0,

недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя диссертационного совета,

д.ф.-м.н., профессор

Ионин Андрей Алексеевич

Учёный секретарь диссертационного совета,

д.ф.-м.н.

Золотко Александр Степанович

05 октября 2020 г.