

В.А. ЗАГАЙНОВ^{1,2}, А.П. ВЯЛЫХ^{1,2}, А.В. СЕМЕНКО¹, Г.С. БЕЛОТЕЛОВ¹

¹ ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений», р.п. Менделеево, Московская область, Российская Федерация

² Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА АТОМОВ ИТТЕРБИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ ДЛИТЕЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Разработан источник атомов иттербия, полученный методом лазерной абляции длительными импульсами, для оптического стандарта частоты. Абляция проводилась с помощью источника лазерного излучения с длиной волны 450 нм и мощностью 5,5 Вт, длительность импульса варьировалась в диапазоне от 20 с до 40 с. При длительности импульса 40 с было получено порядка 10^6 атомов иттербия в области взаимодействия с детектирующим лучом.

V.A. ZAGAINOV^{1,2}, A.P. VYALYKH^{1,2}, A.V. SEMENKO¹, G.S. BELOTELOV¹

¹ FSUE «Russian metrological institute of technical physics and radioengineering», Mendeleevo, Moscow region, Russia

² National Research Nuclear University MPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

ESTIMATION OF THE NUMBER OF YTTERBIUM ATOM USING LASER ABLATION WITH THE PERFORMANCE OF THE LONG PULSE SEQUENCE

A laser ablation source of ytterbium atoms was developed for an optical lattice clock. Laser ablation was performed using a 450 nm laser source with a power of 5.5 W, and the pulse durations varied from 20 to 40 s. About 10^6 ytterbium atoms were obtained in the region of interaction with the detecting beam at a pulse duration of 40 s.

Оптические стандарты частоты (ОСЧ) перспективны в применениях в области квантовой метрологии и измерительных систем. ОСЧ могут использоваться в формировании шкал времени, гравиметрии, геодезии и тестировании дрейфа фундаментальных констант [1]. Однако, на данный момент многие составляющие части ОСЧ нуждаются в доработке для более стабильной работы всей установки. Одной из таких составных частей является источник горячих атомов.

Цикл работы ОСЧ состоит из нескольких этапов. Атомы, получаемые из источника горячих атомов, захватываются в магнитооптическую ловушку и охлаждаются до температур в несколько десятков микрокельвинов, что позволяет загрузить их в оптическую решётку, в которой производится спектроскопия часового перехода [2].

Классический источник атомов представляет собой резервуар, в котором происходит генерация атомарного пара из металлов или соединений с помощью постоянного нагрева проволоки до температуры ~ 450 °С. Постоянный нагрев до столь высоких температур приводит к возникновению сдвига, связанного с излучением чёрного тела (ИЧТ), большому выделению тепла и долгому выходу на рабочий режим [3].

Для решения данных проблем разрабатывается абляционный источник атомов иттербия. В нём, в отличие от классического источника атомов, нагрев и, соответственно, испарение атомов происходит импульсно, что повышает качество вакуума в установке. Из-за локального нагрева гранулы и малого телесного угла распространения теплового излучения значение сдвига, вызванного ИЧТ, уменьшается. При использовании абляции происходит быстрый выход источника атомов на рабочий режим [4].

У разрабатываемого абляционного источника атомов, однако, имеется ряд недостатков. Во-первых, при абляции атомы распространяются во всех направлениях, в отличие от классического испаряющего источника, поток атомов из которого более коллимирован. Во-вторых, из-за быстрого испарения атомов с поверхности гранул нарушается оптимальная фокусировка излучения. В-третьих, из-за длительности импульсов абляционного лазера существенно увеличивается длительность цикла измерений, что может быть исправлено путем замены абляционного лазера.

В результате работы была сконструирована установка, состоящая из вакуумной камеры, детектирующего луча, работающего на частоте перехода $^1S_0 \rightarrow ^1P_1$, и абляционного лазера. Сигнал флуоресценции атомов фиксируется с помощью ПЗС-камеры, что позволяет определить количество атомов в области воздействия детектирующего луча. В ходе экспериментов было определено, что необходимое число атомов (10^6) достигается при длительности импульса 40 с.

В дальнейшем планируется оценка количества атомов, испускаемых абляционным лазером, во всем объеме вакуумной камеры и замена абляционного лазера на более эффективный.

Список литературы

1. Katori H. Optical lattice clocks and quantum metrology //Nature Photonics. – 2011. – Т. 5. – №. 4. – С. 203-210.
2. Бердасов О. И. и др. Оптические стандарты частоты на холодных атомах стронция //Альманах современной метрологии. – 2014. – №. 1. – С. 13-36.
3. Osada A. et al. Compact strontium atom source using fiber-based pulsed laser ablation //Applied Physics Letters. – 2023. – Т. 122. – №. 18.
4. Hsu C. C. et al. Laser-induced thermal source for cold atoms //Scientific Reports. – 2022. – Т. 12. – №. 1. – С. 868.