

определялась расстоянием между осями двух средних штрихов, нанесенных на бруске. В 1895 г. II Генеральная конференция по мерам и весам признала, что естественным свидетелем размера метра может являться длина волны монохроматического света. Позже принято определение метра: «Метр – единица длины, равная пути, проходимому в вакууме светом за  $1/299792458$  долю секунды» [3]. На первичном уровне метр воспроизводится как длина волны при помощи йод-стабилизированных гелий-неоновых лазеров. На подуровнях используются материальные меры, а прослеживаемость удостоверяется средствами оптической интерферометрии.

Концевые меры длины (КМД) были предложены в 1898 году С. Е. Jогansson в качестве составных калибров для контроля размеров деталей машин. Несмотря на простоту, КМД стали значительным изобретением в то время и широко применяют до сих пор, т. к. являются единственными точными материальными носителями линейных размеров.

В настоящее время воспроизведение единицы длины-метра происходит за счет применения различных источников излучения, длина волны которых известна с определенной точностью. На практике в качестве источников излучения могут применяться газоразрядные лампы, заполненные следующими газами и металлами в газообразном состоянии: гелием He, криптоном Kr, йодом I или кадмием Cd. Эталонная мера длины выполняется в форме прямоугольного параллелепипеда с нормируемым размером между измерительными плоскостями. Абсолютный метод измерения заключается в сравнении длины концевой меры с длиной волны источника излучения, которая является фундаментальной физической константой. Используемая для целей измерения интерференционная способность гелиевого света распространяется на диапазон измерений до 25 мм. Для измерения больших концевых мер переходят на кадмиевую лампу. Пользуясь светом кадмиевой лампы можно измерять концевые меры длиной до 100 мм.

#### Литература

1. Закон Республики Беларусь от 5 сентября 1995 г. № 3848-XII «Об обеспечении единства измерений» (в ред. Закона Республики Беларусь от 11.11.2019 № 254-З).
2. Перечень государственных и региональных научно-технических программ на 2021 – 2025 гг. (утв. постанов. Совета Министров Республики Беларусь от 26.03.2021 № 173).
3. О метрологии – кратко: пер. с англ. / кол. авт. Белорусский государственный институт метрологии (БелГИМ); под общ. ред. Н. А. Жагора; пер. В. В. Красовский. – 3-е изд. – Минск: БелГИМ, 2012. – 84 с.

УДК 006.92

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ АТОМОВ ИТТЕРБИЯ

Магистрант гр. М21-209, инженер Вялых А. П.<sup>1,2</sup>,

Аспирант, инженер Семенко А. В.<sup>1</sup>, мл. научный сотрудник Белотелов Г. С.<sup>1</sup>

Ph. D., начальник отдела 752 Сутырин Д. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений», Менделеево, Россия,

<sup>2</sup>Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Оптические стандарты частоты (ОСЧ) – устройства, с помощью которых можно проводить измерения частот с относительной неопределенностью  $10^{-18}$  [1]. Благодаря таким характеристикам ОСЧ могут найти применение во многих сферах: спутниковая навигация, гравиметрия, геодезия, фундаментальные научные исследования [2, 3]. Чтобы ОСЧ мог применяться в указанных целях, необходима разработка более компактных его версий, что подразумевает создание малогабаритной вакуумной камеры, в которой происходит охлаждение и захват атомов в оптическую решетку. Для решения данной задачи, необходимо глубокое исследование характеристик магнитооптической ловушки (МОЛ), таких как температура, количество атомов, от параметров охлаждения: градиент магнитного поля, отстройка охлаждающего излучения от резонанса, размер пучков и т. д. Результаты могут быть использованы для разработки оптического спектроскопа на основе дифракционной решетки или атомного чипа [4, 5].

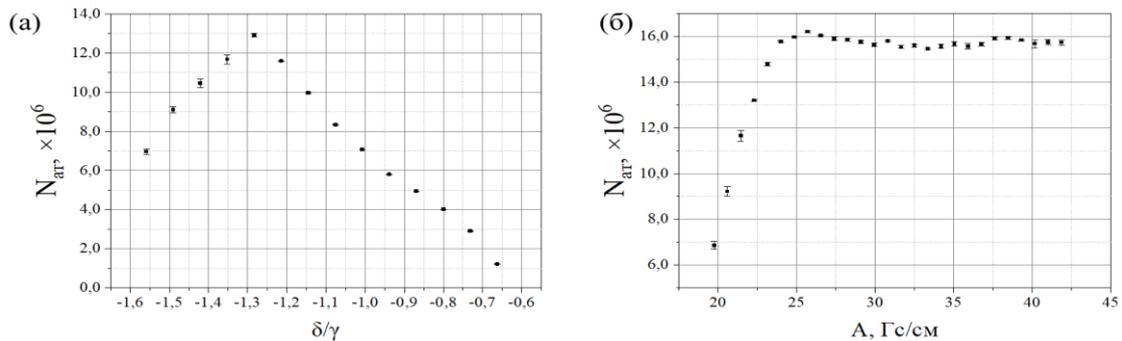


Рис. 1. Зависимость количества атомов  $^{174}\text{Yb}$ , захваченных в МОЛ, от частотной отстройки излучения МОЛ от резонанса охлаждающего перехода  $\delta$  по отношению к ширине линии этого перехода  $\gamma$  (а), и от градиента магнитного поля  $A$  (б)

На данный момент ведутся исследования параметров первичного охлаждения атомов иттербия в МОЛ. Измерены зависимости количества атомов  $^{174}\text{Yb}$  (рис. 1) и  $^{171}\text{Yb}$ , захваченных в МОЛ, от частоты охлаждающего излучения и от градиента магнитного поля катушек. Наилучшие полученные значения количества атомов составляют  $\sim 1,6 \cdot 10^7$  для  $^{174}\text{Yb}$  и  $\sim 3,4 \cdot 10^6$  для  $^{171}\text{Yb}$  без использования тормозящего луча. Проведена оценка температур обоих исследуемых изотопов (значения составляют от одного до нескольких десятков милликельвин) и времени их накопления в МОЛ. Ведется подготовка к получению вторичного охлаждения.

#### Литература

1. Jila Srl optical lattice clock with uncertainty of  $2.0 \times 10^{-18}$  / T. Bothwell [et al.] // Metrologia. IOP Publishing. – 2019. – Vol. 56, № 6. – P. 65004.
2. Cold atom clocks and their applications in precision measurements / S.-Y. Dai [et al.] // Chinese Phys. B. IOP Publishing. – 2021. – Vol. 30, № 1. – P. 13701.
3. Белотелов, Г. С. На пути к мобильному оптическому стандарту частоты на нейтральных атомах иттербия / Г. С. Белотелов, Д. В. Сутырин, С. Н. Слюсарев // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2019. – Т. 6, № 1. – С. 24–31.
4. Magneto-optical trapping using planar optics / W. R. McGehee [et al.] // New J. Phys. IOP Publishing. – 2021. – Vol. 23, № 1. – P. 13021.
5. Hexapole-compensated magneto-optical trap on a mesoscopic atom chip / S. Jöllenbeck [et al.] // Phys. Rev. A. APS. – 2011. – Vol. 83, № 4. – P. 43406.

УДК 628.98

### ДИНАМИЧНАЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОЙ ВИЗУАЛЬНОЙ СРЕДЫ

Магистрант гр. 1-438001 Клявдо М. А.

Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Визуальная среда, в которой человек проводит время бодрствования не только в производственной, но и домашней обстановке, комбинируется естественным и искусственным освещением, изменяющим фотометрические и спектральные параметры во времени и пространстве. Поэтому светотехнические сценарии должны учитывать как чисто физические характеристики мощности излучения, стимулирующей зрительную систему, так и спектральную чувствительность последней, что подчеркивается разделением фотометрии на фотопическую, мезопическую и скотопическую. Разработка комплексно научной обоснованной модели световой среды основана на последних достижениях науки и техники и включает помимо стандартизованных параметров также хроматический, психофизиологический и пространственно-временной компоненты освещения. Модули модели:

1. Номенклатура показателей визуальной среды и методики оценки ее эффективности,