

# Анализ проблем перемещений в пространстве компактного атомного интерферометра на основе дифракционной решетки

*А. П. Вялых, А. В. Семенко, А. А. Луговой, Г. С. Белотелов, Д. В. Сутырин, С. Н. Слюсарев*

Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений, Россия, 141570 Московская обл., Солнечногорск, пос. Менделеево

Исследован ключевой узел атомного интерферометра на основе дифракционной решётки – блок опорных интерферометров, представляющий собой несколько резонаторов Фабри-Перо на единой основе из ULE–стекла. Получены и проанализированы дрейфы частот продольных мод резонаторов на различных временах измерений, найдены их причины. Исследована степень соответствия флуктуаций частот двух резонаторов в зависимости от пространственной ориентации блока опорных интерферометров.

*Ключевые слова:* Оптика, Резонатор, Лазер, Стабилизация, Атомный интерферометр.

*Цитирование:* Вялых, А. П. Анализ проблем перемещений в пространстве компактного атомного интерферометра на основе дифракционной решетки / А. П. Вялых, А. В. Семенко, А. А. Луговой, Г. С. Белотелов, Д. В. Сутырин, С. Н. Слюсарев // HOLOEXPO 2022: XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. —Барнаул: ИП Колмогоров И. А., 2022. — С. 68–70.

## Введение

В настоящее время разработка компактных атомных интерферометров и оптических стандартов частоты на их основе ведётся многими лабораториями мира [1-2]. В разрабатываемом компактном атомном интерферометре нейтральные атомы иттербия предполагается охлаждать в магнитооптической ловушке, формируемой с помощью лазеров и голографической дифракционной решётки, а затем помещать в оптическую решётку. Частоту лазеров, необходимых для работы атомного интерферометра, необходимо стабилизировать. Для этой цели был изготовлен компактный блок опорных интерферометров (БОИ).

### 1. Описание блока опорных интерферометров

БОИ представляет собой два резонатора, основой которых служит единый блок из ULE–стекла. Резонаторы снабжены дихроичными зеркалами, отражательные характеристики которых подобраны так, что в каждый резонатор можно заводить по два лазерных луча атомного интерферометра: 798 нм – удвоенная длина волны первичного охлаждения атомов иттербия, 1112 нм – удвоенная длина волны вторичного охлаждения, 759 нм – оптическая решётка, 1157 нм – удвоенная длина волны часового лазера, который предполагается стабилизировать по атомному переходу. Идея использования единой ULE–основы состоит в переносе стабильности часового лазера на все остальные лазеры благодаря тому, что параметры основы ULE для обоих резонаторов должны меняться одинаково. Эти изменения обнаруживаются при помощи часового лазера и компенсируются сразу для всех каналов излучения. Для перестройки частот БОИ и формирования сигнала стабилизации PDH (Паунда

– Дривера – Холла) на каждый канал излучения установлен электрооптический модулятор. Выходными сигналами БОИ являются пропускание интерферометра, сигнал PDH и изображение с камеры для каждого из четырёх каналов.

## 2. Эксперименты с БОИ

Компактный атомный интерферометр должен быть перевозимым, что неизбежно ведёт к изменению пространственной ориентации его узлов во время перевозки и после установки в новом месте. На данном этапе проведено исследование одного компонента атомного интерферометра и изучена степень связи частотных флуктуаций двух резонаторов в зависимости от пространственной ориентации БОИ.

Для изучения корреляции флуктуаций частот двух резонаторов (располагаются на единой ULE-основе) и определения степени их соответствия излучение 1157 нм от высокостабильного лазера с шириной линии порядка 10 Гц, стабилизированного по внутреннему резонатору, посылалось на два канала БОИ. PDH-сигналы считывались многофункциональным устройством Moku: Lab и использовались для подстройки частот двух каналов БОИ к частоте лазера. Сигнал рассогласования каналов получен при корреляционном анализе частотных дрейфов для обоих резонаторов.

Для определения кратковременного и долговременного частотных дрейфов БОИ был использован тот же высокостабильный лазер на 1157 нм. Определена основная причина долговременного дрейфа – изменение температуры в комнате, кратковременный дрейф однозначно коррелируют с работой кондиционеров.

## Заключение

В работе был выполнен анализ частотных дрейфов блока опорных интерферометров для перспективного компактного атомного интерферометра на дифракционной решётке. Исследована степень связи флуктуаций частоты двух резонаторов, выполненных на единой основе при стационарном положении БОИ и при изменении его пространственной ориентации.

## Список источников

- [1] **D. Morris et al.**, Development of a Portable Optical Clock // 2019 Joint Conference of the IEEE International Frequency Control Symposium and European Frequency and Time Forum (EFTF/IFC), pp. 1-3, 2019.
- [2] **Brand Wesley, et al.**, Portable Yb Optical Lattice Clock: Towards Precision Measurement Outside the Lab // APS Division of Atomic, Molecular and Optical Physics Meeting Abstracts, 2019.

# **Analysis of the problems of displacements in space of a compact atomic interferometer based on a diffraction grating**

*A. P. Vyalyk, A. V. Semenko, A. A. Lugovoy, G. S. Belotelov, D. V. Sutyryn, S. N. Slyusarev*

FSUE «All-Russian Research Institute of Physico-Technical and Radiotechnical Measurements»,  
Moscow region, Mendeleevo, Russia

The key unit of an atomic interferometer based on a diffraction grating – a block of reference interferometers, which is several Fabry-Perot resonators on a common base of ULE-glass, has been studied. The frequency drifts of the longitudinal modes of the resonators are obtained and analyzed at different measurement times, and their causes are found. The degree of correlation between the frequency fluctuations of two resonators depending on the spatial orientation of the block of reference interferometers has been studied.

*Keywords:* Optics, Cavity, Laser, Stabilization, Atomic interferometer.