

## **Передача оптического сигнала частоты по волоконной линии с компенсацией фазовых шумов**

*К.С. Кудеяров<sup>1,3</sup>, Г.А. Вишнякова<sup>2,3</sup>, К.Ю. Хабарова<sup>2,3</sup>, Н.Н. Колачевский<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup>Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>3</sup>Российский квантовый центр

Стабильность существующих спутниковых техник передачи сигналов частоты и времени недостаточна для удаленного сличения современных стандартов частоты. Относительная нестабильность частоты оптических часов достигает  $10^{-18}$  [1], в то время как радиочастотные методы передачи сигналов вносят нестабильность на уровне  $10^{-16}$ . На сегодняшний день наилучшую стабильность обеспечивает передача ультрастабильных сигналов частоты и времени по оптическим волоконным линиям, что позволяет использовать данные сигналы в фундаментальной науке и метрологии [2]. Однако внешние возмущения, такие как флуктуации температуры и акустические вибрации, вносят в сигнал фазовые шумы, которые необходимо компенсировать.

Нами была исследована передача излучения непрерывного лазера на длине волны 1.14 мкм по короткой тестовой волоконной линии. Детектирование фазовых шумов осуществлялось при помощи интерферометрической схемы, шумы компенсировались акустооптическим модулятором, частотой модуляции которого управляла петля обратной связи. Относительная нестабильность частоты переданного сигнала измерялась счетчиком частоты высокого разрешения. На рис. 1а) приведена модифицированная девиация Аллана сигнала, переданного в различных конфигурациях: без компенсации, с компенсацией, а также без волоконной линии. Используемый метод компенсации позволил достичь относительной нестабильности частоты  $1.75 \times 10^{-21}$  на временах усреднения 1000 с. Было показано, что остаточная нестабильность сигнала вызывается в основном белым шумом фазы.

Чтобы исследовать влияние возмущений на работу системы, мы также измерили нестабильность частоты, подвергнув волоконную линию гармоническому механическому возмущению (вибрации) с частотами в диапазоне 1-120 Гц (рис. 1б)). При отсутствии компенсации вибрации вызывали повышение нестабильности на временах усреднения, равных нечетному числу полупериодов возмущения. Петля обратной связи позволила полностью компенсировать возмущения.

Работа выполнена при поддержке российского фонда фундаментальных исследований (грант № 15-02-03936 А).

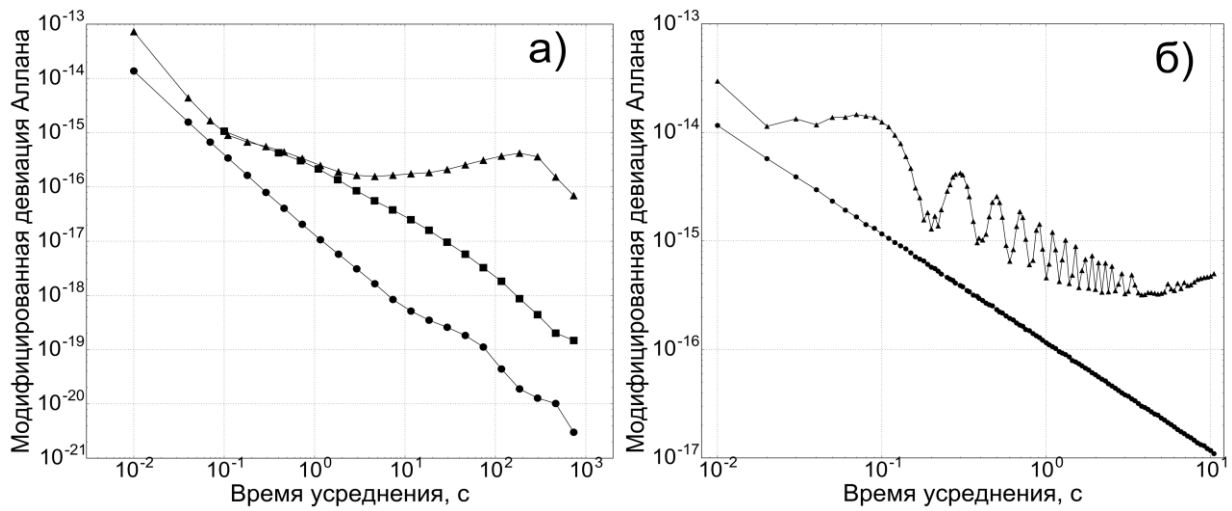


Рис. 1. Относительная нестабильность частоты а) в схеме без компенсации (▲), с компенсацией (●) и без волокна (■), б) в схеме без компенсации (▲) и с компенсацией (●) с механическим возмущением на частоте 5 Гц.

#### Литература

1. Bloom B.J. [et al.]. An optical lattice clock with accuracy and stability at the  $10^{-18}$  level // Nature. 2014. 506. P. 71–75.
2. Droste S. [et al.]. Optical frequency dissemination for metrology applications // Comptes Rendus Physique. 2015. 16(5). P. 524–530.