

Малогабаритные узкополосные лазеры для распределенных волоконно-оптических датчиков

Д.Р. Харасов^{1,2,*}, Э.А. Фомиряков^{1,3}, О.Е. Наний^{1,3}, С.П. Никитин¹, В.Н. Трещиков¹

¹ООО «Т8 Сенсор», г. Москва

²Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный

³МГУ им. М. В. Ломоносова, Физический факультет, г. Москва

*E-mail: kharasov@phystech.ru

DOI: 10.31868/RFL2020.139-140

Высокостабильные узкополосные лазеры востребованы как в научных исследованиях, так и в актуальных приложениях таких, как волоконно-оптические системы передачи, интерферометрия, когерентная рефлектометрия [1-3], радиофотоника и др. Кроме низкого уровня фазовых и амплитудных шумов излучения лазера для таких применений особенно важны компактность, мобильность, технологичность и малая стоимость с различными методами снижения фазового шума: диодный лазер с внешним кристаллическим резонатором с модами шепчущей галереи (МШГ) [4, 5] (на примере лазеров OE Waves и совместных исследований Российского квантового центра (РКЦ) и Т8), диодный лазер с внешней планарной брэгговской решеткой (БР) [6] (на примере лазера RIO Orion) и одночастотный волоконный РОС-лазер (на примере лазера EFL-SF-1550 компании «Инверсия-Файбер»).

Ранее [7] с помощью метода гетеродинамирования были измерены ширины линий и уход частоты в ряде лазеров. В этой работе предыдущие результаты дополнены измерениями с помощью метода самогетеродинамирования с линией задержки 100 км [8,9], позволяющего провести измерения уровней белого и фликкер-шумов частоты [10] без использования реперного лазера. Экспериментальные результаты измерений среднеквадратичного отклонения (СКО) Алана частоты, подтвержденные численным анализом выходного сигнала интерферометра на основе модельного белого и фликкер-шумов [11], приведены на рис.1.

Результаты обработки данных обобщены в таблице 1. Среди протестированных лазеров наименьшими фазовыми шумами обладает лазер OE Waves, однако применение такого типа лазеров затруднено при наличии сильных внешних вибраций, нарушающих режим затягивания моды лазера резонатором с МШГ. Схожие характеристики демонстрируют лазеры с МШГ-резонатором, разрабатываемые в РКЦ. Очень узкой линией (менее 100 Гц) обладает лазер «Инверсии-файбер», но при этом у него на порядок выше уровень фликкер-шума, чем у лазеров на МШГ. Лазер RIO Orion обладает как минимум на порядок большей мгновенной шириной линии (~2 кГц), чем лазеры OE Waves и «Инверсии-файбер», и примерно таким же уровнем фликкер-шума, как у лазера «Инверсии-файбер». Главным преимуществом лазера RIO Orion является слабая чувствительность к внешним вибрациям и изменениям температуры [5], что позволяет использовать его в оптических датчиках для реальных (полевых) применений. Так как фликкер-шум частоты в лазерах обычно связан с техническими факторами, разработка методов подавления фликкер-шума частоты [12-14] является важной практической задачей.

Итак, в работе приведены результаты измерений фазовых шумов в малогабаритных лазерах с низкими уровнями фазового шума для широкого диапазона прикладных задач.

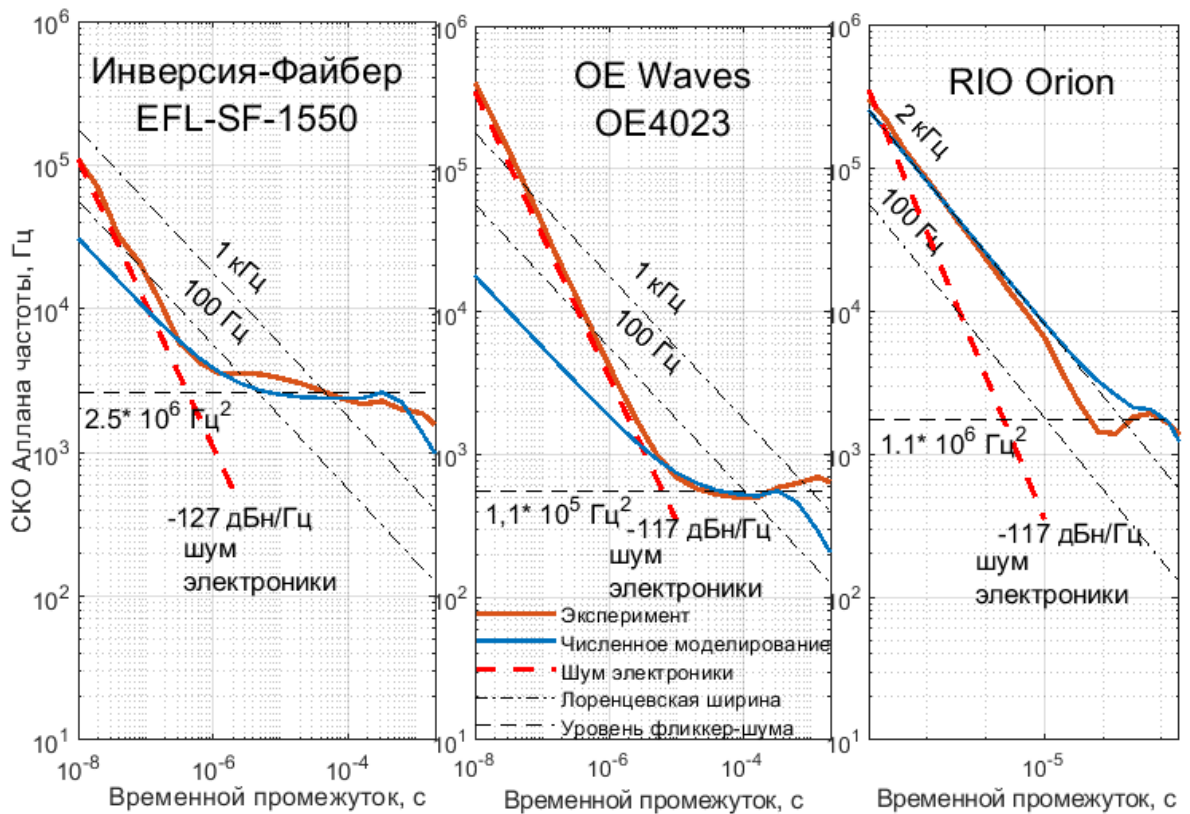


Рис.1 Эксперимент и численное моделирование SKO Аллана частоты биений на выходе неравноплечного интерферометра Маха — Цендера с линией задержки 100 км

Таблица 1. Результаты измерений лазеров

Лазер	Метод достижения узкой линии	Мгновенная ширина линии, кГц	Уровень фликкер-шума, Гц^2	Уход частоты [7], МГц/с
OE Waves OE4023	МШГ-резонатор	< 0,1	10^5	< 1
RIO Orion	Планарная БР	2	10^6	-
«Инварсия-файбер»	Волокно с БР	< 0,1	$2,5 \cdot 10^6$	< 0,25

Литература

- [1] S.V. Shatalin, V. N. Treschikov & A. J. Rogers, *Applied optics*, 37(24), 5600-5604 (1998)
- [2] S.P. Nikitin, A.I. Kuzmenkov et al, *Laser Physics*, 28(8), 085107 (2018)
- [3] S.P. Nikitin, P.I. Ulanovskiy et al, *Laser Physics*, 26(10), 105106 (2016)
- [4] W. Liang et al., *Nature communications* 6.1, 1-6 (2015)
- [5] N. M. Kondratiev et al., *Optics Express* 25.23 (2017): 28167-28178
- [6] M. Alalusi et al., *Fiber Optic Sensors and Applications VI. International Society for Optics and Photonics* (2009)
- [7] S.P. Nikitin, E.A. Fomiryakov et al, *J. Lightwave Technology* 38, 1446-1453 (2020)
- [8] L. Richter et al., *IEEE Journal of Quantum Electronics* 22.11, 2070-2074 (1986)
- [9] L. B. Mercer, *J. Lightwave Technology* 9.4, 485-493 (1991)
- [10] Ф. Риле, *Стандарты частоты. Принципы и приложения*. ФИЗМАТ-ЛИТ, 2009
- [11] J. N. Kasdin, *Proceedings of the IEEE* 83.5, 802-827 (1995)
- [12] Drever, R. W. P., et al. *Applied Physics B* 31.2, 97-105 (1983)
- [13] M. Poulin et al. *Laser Resonators and Beam Control XII. Vol. 7579. International Society for Optics and Photonics* (2010)
- [14] E. Kirilov et al. *Applied Physics B* 119.2, 233-240 (2015)