

1.4. Сужение линии генерации волоконного эрбиевого лазера с помощью естественного и искусственного рэлеевского отражателя

Erbium fiber laser linewidth narrowing due to the natural and artificial Rayleigh scatterer

Авторы: Скворцов М.И., Абдуллина С.Р., Власов А.А., Вольф А.А., Достовалов А.В., Подивилов Е.В., Бабин С.А.

Authors: Skvortsov M.I., Abdullina S.R., Vlasov A.A., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Podivilov E.V., Babin S.A.

Рассчитано и экспериментально продемонстрировано экстремальное сужение линии генерации волоконного эрбиевого лазера с распределенной обратной связью (РОС-лазера) за счет дополнительной обратной связи, обеспеченной случайным рэлеевским рассеянием (РР). Измеренная гетеродинным методом долговременная ширина линии РОС-лазера сужается с 6 кГц до 160 Гц для гибридной конфигурации РОС-лазера и катушки одномодового волокна (ОМВ) с интегральным отражением на уровне $R \sim 0.003$ для естественного РР (рис. 1.5, а). При этом мгновенная (< 1 мкс) ширина линии, оцениваемая из анализа частотных шумов (рис. 1.5, б), в гибридной конфигурации сужается с 15 Гц до уровня 10^{-3} Гц, определяемого электрическими шумами, тогда как предсказанное теорией относительное сужение может достигать 6 порядков величины [1, 2]. Показано, что сужение линии РОС-лазера возможно и с компактным рэлеевским отражателем, искусственно сформированным в ОМВ методом фемтосекундной модификации [2,3]. В лазере с полукрытым линейным резонатором, состоящем из волоконной брэгговской решетки, активного волокна с высокой концентрацией эрбия (изготовленного НЦВО РАН) и искусственного рэлеевского отражателя длиной 10 см с увеличенным уровнем РР (+41.3 дБ/мм), получена одночастотная случайная генерация мощностью до 2.5 мВт с шириной линии ~ 10 кГц с возможностью перестройки длины волны в диапазоне усиления эрбия [4]. Созданные лазеры являются перспективными источниками для различных приложений.

Extreme narrowing of the distributed feedback (DFB) erbium fiber laser linewidth due to additional feedback provided by random Rayleigh backscattering (RB) has been demonstrated. Long-term DFB-laser linewidth narrowing from 6 kHz to 160 Hz measured by the self-delay heterodyne technique was observed for hybrid laser configuration comprising DFB-laser and single-mode fiber (SMF) coil with an integral reflection $R \sim 0.003$ for natural RB (Fig.1a). At that instantaneous (< 1 mks) linewidth estimated from the analysis of frequency noise measurement (Fig.1b) for the hybrid DFB+RDFB laser configuration narrowed from 15 Hz to the level of 10^{-3} Hz defined by the background electrical noise [1, 2]. It

was also shown that DFB-laser linewidth narrowing is possible due to compact artificial Rayleigh reflector inscribed in SMF by femtosecond laser modification technique [2, 3]. For the laser with linear half-open cavity formed by fiber Bragg grating, highly-doped erbium active fiber (fabricated by FORC, RAS) and a 10-cm artificial Rayleigh reflector with increased RB level (+41.3 dB/mm) single-frequency generation with output power up to 2.5 mW and ~10 kHz linewidth has been obtained with potential tunability within the whole erbium gain bandwidth [4]. Proposed lasers appear to be perspective sources for coherent reflectometry applications.

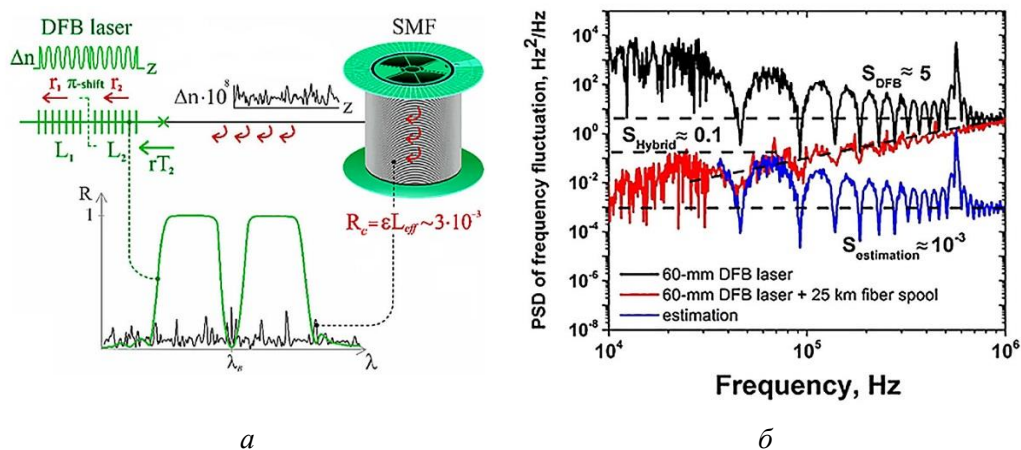


Рис. 1.5.: *а* – схема гибридной конфигурации резонатора; *б* – спектр частотного шума РОС-лазера (черный) и РОС-лазера в гибридной конфигурации (красный) с его оценкой при $f > 10^5$ Гц (синий)

Fig. 1.5. *a* – Hybrid laser cavity configuration; *b*) Frequency fluctuation PSD obtained for a DFB laser in conventional (black) and hybrid (red) configurations and estimation above 100 kHz (blue)

Публикации/References:

1. Extreme Narrowing of the Distributed Feedback Fiber Laser Linewidth Due to the Rayleigh Backscattering in a Single-Mode Fiber: Model and Experimental Test/ E.V. Podivilov E.V., M.I. Skvortsov, S.R. Abdullina, A.A. Vlasov, D.R. Kharasov, E.A. Fomiryakov, S.P. Nikitin, V.N. Treshchikov, S.A. Babin// Photonics. – 2022. – V.9. – №8. – P.590. – DOI 10.3390/photonics9080590.
2. Narrowing of the generation line of a DFB laser to subhertz width in hybrid configuration / M.I. Skvortsov, S.A. Babin, S.R. Abdullina, A.A. Wolf, A.V. Dostovalov, A.A. Vlasov, E.V. Podivilov // International Conference Laser Optics (ICLO) 2022 (St.-Petersburg, 20-24 June 2022), Proc., IEEE Publ. – pp. 1-1. – DOI 10.1109/ICLO54117.2022.9840035.
3. Er-doped fiber laser with regular and random distributed feedback / M. I. Skvortsov, A. A. Wolf, E. A. Fomiryakov, V. N. Treshchikov, S. P. Nikitin, A. A. Vlasov, A. V. Dostovalov, S. A. Babin // Journal of Physics: Conference Series : 29, Virtual, Online, 19–23 июля 2021

года. Vol. 2249. – Virtual, Online, 2022. – P. 012016. – DOI 10.1088/1742-6596/2249/1/012016.

4. Narrow-linewidth Er-doped fiber lasers with random distributed feedback provided by artificial Rayleigh scattering./ M. I. Skvortsov, A. A. Wolf, A. V. Dostovalov, O. N. Egorova, S. L. Semjonov, S. A. Babin.// J. Lightwave Techn. – 2022. – V.6. – P. 1829-1835. – DOI:10.1109/JLT.2021.311675.