

# Волоконный лазер с распределенной обратной связью на основе ВБР с фазовым сдвигом, изготовленной с применением фемтосекундного излучения

М.И. Скворцов<sup>1,2,\*</sup>, А.А. Вольф<sup>1,2</sup>, А.В. Достовалов<sup>1,2</sup>, А.А. Власов<sup>1</sup>, С.А. Бабин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт автоматизации и электрометрии СО РАН

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет

\*E-mail: [qwertymikhails@gmail.com](mailto:qwertymikhails@gmail.com)

DOI:10.31868/RFL2018.63-64

Волоконные лазеры с распределенной обратной связью (РОС-лазеры) нашли широкое применение в таких областях как оптические линии связи, сенсорные системы, спектроскопия и научные исследования. Это стало возможным благодаря тому, что данный класс лазерных источников генерирует одночастотное излучение с узкой линией генерации (0,1-100 кГц), низким уровнем шумов и мощностными характеристиками пригодными для практических применений.

ВБР с фазовым сдвигом, которая формирует резонатор РОС-лазера, как правило, записывается в фоточувствительных волокнах с помощью ультрафиолетового (УФ) излучения и фазовой маски [1]. Не так давно авторами работы [2] была продемонстрирована возможность изготовления ВБР с фазовым сдвигом, применяя методику фемтосекундной поточечной записи [3], которая позволяет записывать ВБР с любой заданной длиной волны отражения в нефоточувствительных световодах. При изготовлении ВБР в месте записи наводится двулучепреломление. Основной причиной этого является анизотропия наведенного показателя преломления в области фокусировки фс-импульсов в сердцевине волокна. Условие порога генерации РОС – лазера:  $g_s(P_{pump}) \approx 4k^* \exp(-kL) + \alpha^* + \alpha_{pbr}$ , где  $g_s$  – коэффициент усиления сигнала в волокне при инверсной заселенности,  $k = \pi \delta n / \lambda$  – коэффициент связи,  $L$  – длина решетки,  $\alpha^*$  – коэффициент ненасыщающихся потерь ( $\sim 50$  дБ/км). Из-за возникновения дополнительных потерь при применении поточечной фс записи, в соотношении добавляется член  $\alpha_{pbr}$ . Из-за наведенного двулучепреломления поляризационным модам с  $k_{fast} = \pi \Delta n / \lambda$  и  $k_{slow} = \pi (\Delta n + \delta n) / \lambda$  соответствуют решетки с разной силой ( $k_{slow} L > k_{fast} L$ ), и как следует из порогового условия генерация наблюдается в одной поляризации (см. Рисунок 1).

Отметим, что в случае УФ методики записи, разница в силах решеток незначительна, т.к. характерные значения наведенного двулучепреломления составляют  $\delta n \sim 10^{-6}$ , что на порядок меньше, чем в структурах, изготовленных методикой поточечной записи.

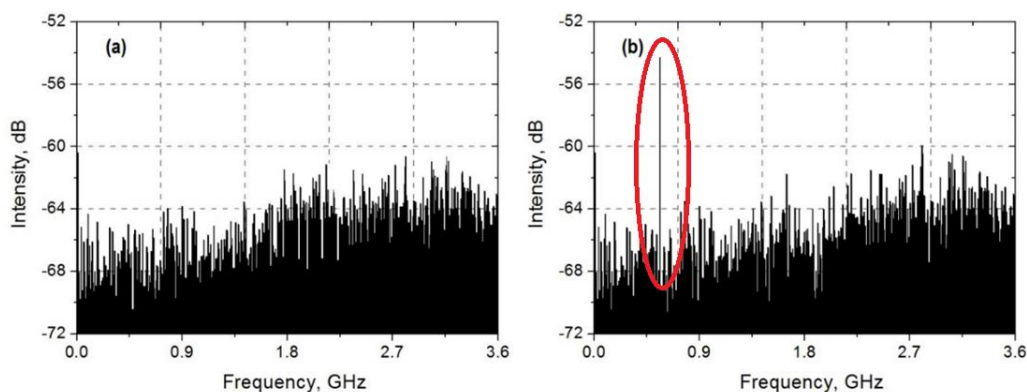


Рис.1. а - радиочастотный спектр РОС-лазера, изготовленного поточечной записью, демонстрирующий отсутствие генерации второй поляризационной моды; б - радиочастотный спектр биения поляризационных мод РОС – лазера, изготовленного при помощи УФ – излучения

Используя данную методику, впервые был изготовлен волоконный эрбиевый лазер с распределенной обратной связью, на основе ВБР длиной 32 мм с фазовым сдвигом, записанной в активном волокне поточечной методикой с применением фемтосекундного излучения. При пороге генерации мощность накачки составила 8,5 мВт. Полученная мощность генерации равна  $\sim 700$  мкВт при мощности накачки 525 мВт. Измеренная методом само-гетеродинамирования спектральная ширина линии генерации РОС-лазера составила  $<17$  кГц.

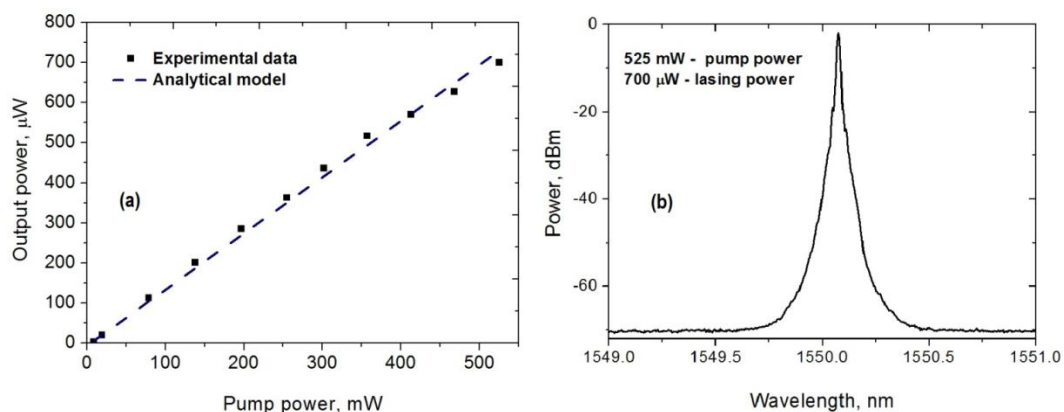


Рис.2 а - экспериментальная зависимость мощности генерации от излучения накачки (точки), аналитическая модель (пунктирная линия); б – Спектр генерации РОС – лазера, при максимальной мощности накачки.

В докладе будут подробно изложены детали эксперимента, а также показана возможность изготовления РОС-лазеров в нефоточувствительных волокнах. Будут обсуждены потенциальные применения таких источников.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант РНФ 14-22-00118).

## Литература

- [1] S. A. Babin et al, *Laser Phys. Lett.* **4**, 428–432 (2007)
- [2] A. A. Wolf et al., *Opt. Laser Technol.* **101**, 202–7 (2018)
- [3] A. Martinez et al., *Electron. Lett.* **40**, 1170–1172 (2004)