

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ ОТРАЖАТЕЛИ, ЗАПИСАННЫЕ В ОДНОМОДОВОМ ВОЛОКОННОМ СВЕТОВОДЕ С ПОМОЩЬЮ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ

✉ Ж.Э. Мункуева^{1,2}, А.А. Вольф¹

¹ *Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск, Россия*

² *Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия*

✉ z.munkueva@g.nsu.ru

Наличие замороженных неоднородностей в сердцевине оптического волокна, состоящего из кварцевого стекла, приводит к слабому обратному рассеянию распространяющихся оптических мод, что зачастую используется в распределенных сенсорных системах [1] и волоконных лазерах с распределенной обратной связью [2]. В случае распределенного сенсора низкий уровень обратного рассеяния ограничивает пространственное разрешение и отношение сигнал/шум измерительной системы, в случае волоконных лазеров вынуждает использовать относительно длинные участки волокна (~1-100 км). Достижение требуемого уровня обратного рассеяния через увеличение концентрации неоднородностей в сердцевине волокна является перспективной задачей с точки зрения улучшения параметров указанных выше систем.

Среди методов, позволяющих повысить уровень обратного рассеяния в волокне, наиболее перспективным является метод фемтосекундной лазерной записи [3], с его помощью можно записывать как точечные (отражение Френеля), так и непрерывные (рассеяние Рэля и Ми) элементы обратного рассеяния в строго заданной области волокна, что особенно важно для практических применений.

В данной работе с помощью различных стратегий облучения одномодового оптического волокна демонстрируется запись следующих элементов: случайно чирпованных волоконных брэгговских решеток (СЧВБР); отражателей Френеля, состоящих из отдельно стоящих неоднородностей; непрерывных отражателей Рэля/Ми, образованных путем наложения неоднородностей. В работе оптимизированы параметры записи: энергия лазерных импульсов в случае СЧВБР, расстояние между отдельными неоднородностями и энергия лазерных импульсов в случае отражателя Френеля, количество лазерных импульсов на единицу длины и их энергия в случае отражателя Рэля/Ми. С помощью метода рефлектометрии обратного рассеяния изготовленные образцы охарактеризованы в пространственной (временной) и спектральной областях с высоким разрешением. Оптимизация параметров записи позволила увеличить уровень обратного рассеяния в сердцевине одномодового волокна на 60 дБ/мм в случае СЧВБР (рис. 1) и на 46 и 50 дБ/мм в случае отражателей Рэлей/Ми и Френеля соответственно (их рефлектограммы будут приведены на постере). Для более подробной характеристики изготовленных образцов измерены вносимые оптические потери в широком спектральном диапазоне (рис. 2), которые на длине волны 1550 нм составили 96,5; 5,5 и 13,1 дБ/м для СЧВБР, отражателей Френеля и Рэля/Ми соответственно.

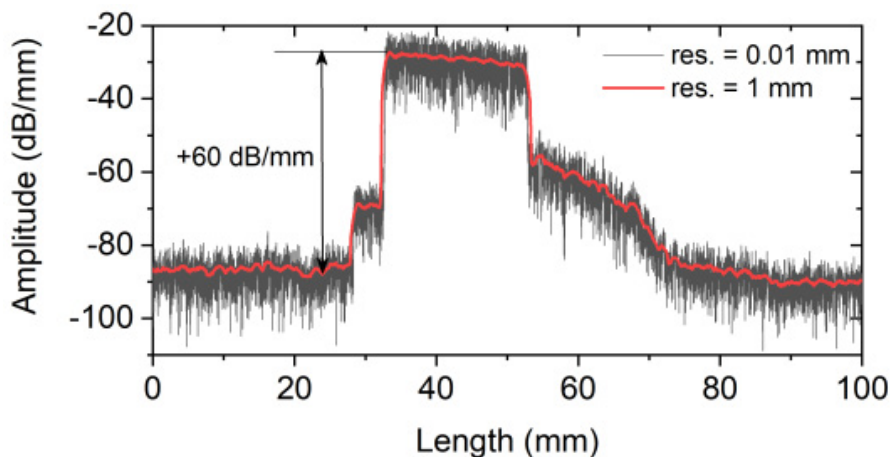


Рис. 1. Рефлектограмма в пространственной (временной) области СЧВБР длиной 20 мм со средним периодом 1,07 мкм и амплитудой рандомизации 2 %

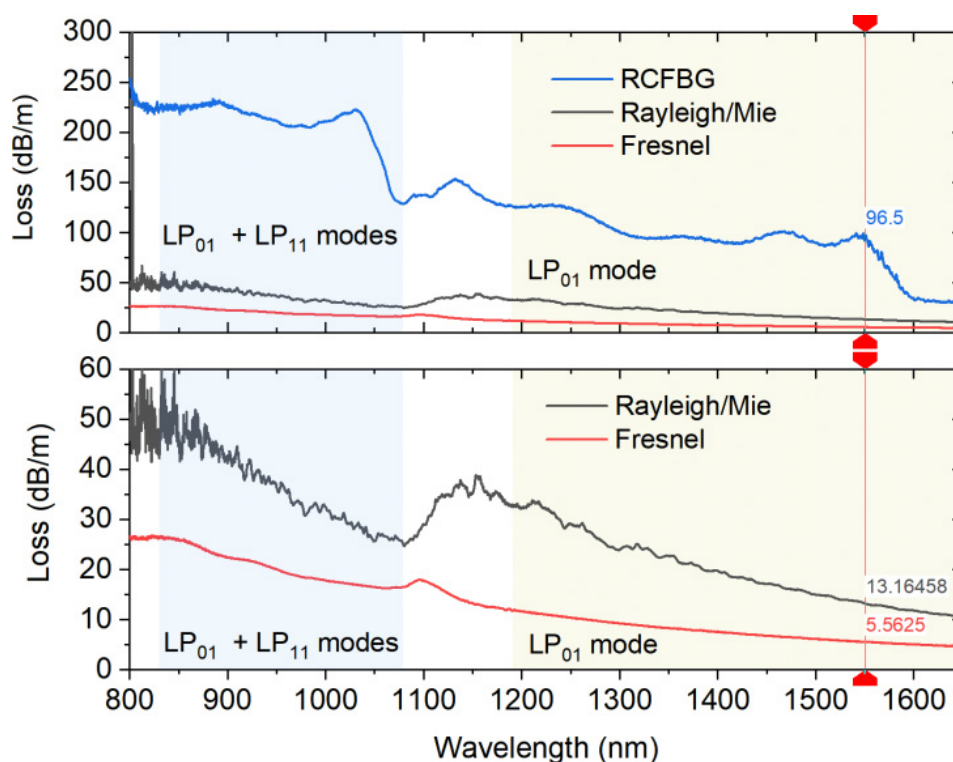


Рис. 2. Потери, вносимые записанными распределенными случайными отражателями (синяя линия — СЧВБР, черная — отражатель Рэлея/Ми, красная — отражатель Френеля)

Список литературы

1. Kreger S. T., Gifford D.K., Froggatt M.E. et al. High Resolution Distributed Strain or Temperature Measurements in Single- and Multi-Mode Fiber Using Swept-Wavelength Interferometry // Opt. Fiber Technol. 2006. ThE42.
2. Turitsyn S.K. et al. Random distributed feedback fibre laser // Nat. Photonics. 2010. Vol. 4. P. 231–235.
3. Wang M. et al. Femtosecond laser fabrication of nanograting-based distributed fiber sensors for extreme environmental applications // Int. J. Extrem. Manuf. 2021. Vol. 3. P. 025401.