

УДК 681.7.068

ИССЛЕДОВАНИЕ КАСКАДА ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРЕСТРАИВАЕМОГО УЗКОПОЛОСНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ФИЛЬТРА

Яндыбаева Ю.И. (ИТМО), Якимук В.А. (ИТМО), Калязина Д.В. (ИТМО), Клишина В.А. (ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Варжель С.В. (ИТМО)

Введение. Волоконные спектральные фильтры широко применяются в телекоммуникационных системах, например, в виде выравнивающих спектр усилителей GFF-фильтров [1], а также в системах с мощным лазерным излучением для подавления сигнала комбинационного рассеяния [2]. Большой интерес представляет фильтрация в узком диапазоне длин волн. Узкополосные фильтры особенно востребованы в системах квантового распределения ключей, в частности, в конфигурации на боковых частотах, где требуется отделение несущей частоты сигнала от боковых частот.

Большую сложность в разработке представляют строгие требования к узкополосным фильтрам, так как системы квантовой криптографии требуют высокой точности передаваемого сигнала. Основными необходимыми параметрами являются: узкая полоса пропускания (менее 80 пм) и высокий уровень ослабления полосы сигнала (более 41 дБ). Ранее в России для этих целей использовались фильтры Teraxion Inc на базе из одной волоконной брэгговской решётки [3]. Но в настоящее время возникла необходимость во внедрении их отечественных аналогов.

В данной работе рассматривается методика разработки узкополосных спектральных фильтров на каскаде из двух и трех волоконных брэгговских решёток (ВБР) с минимумом пропускания на длине волны 1550 нм, коэффициентом ослабления более 41 дБ и диапазоном спектральной перестройки более 40 ГГц.

Основная часть. Можно выделить несколько способов получения узкой спектральной полосы: ВБР большой длины с низкой модуляцией показателя преломления [4], ВБР с фазовым сдвигом [5], фильтр Фабри-Перо [6], однако все эти способы имеют свои недостатки. В данной работе был выбран способ записи ВБР большой длины методом фазовой маски и сканирующего лазерного пучка, позволяющая получать решётки длиной до 70 мм.

В качестве источника излучения использовался эксимерный KrF-лазер COHERENT COMPeXPro 102F с длиной волны 248 нм. Запись осуществлялась с применением высокоточной линейной подвижки с ходом 50 мм и фазовой маски Ibsen Photonics с периодом 1071,5 нм (± 1 порядок дифракции). Скорость перемещения транслирующего зеркала составляла 0,02 мм/с. Частота следования импульсов варьировалась от 4 до 15 Гц, а энергия в импульсе — от 80 до 240 мДж. ВБР записывались в одномодовом телекоммуникационном волокне стандарта G.657.A2.

Несмотря на подбор различных параметров лазерного излучения, достичь узкой спектральной полосы одновременно с ослаблением около 40 дБ на одной ВБР не удалось. Таким образом, одна длинная ВБР не подходит для создания узкополосного спектрального фильтра. Поэтому в данной работе рассматривается каскад из двух и трех ВБР, соединенных друг с другом через оптические изоляторы во избежание интерференционных эффектов. Так удалось достичь спектральной полосы 77 пм при ослаблении сигнала 42 дБ с помощью каскада из двух ВБР, и спектральной полосы 50 пм при ослаблении сигнала 51 дБ с помощью каскада из трех ВБР. При этом спектральные характеристики фильтра на каскаде из трех ВБР значительно превосходят параметры фильтра Teraxion Inc.

Также в работе была исследована спектральная перестройка фильтра путем термического воздействия на ВБР. При нагреве ВБР от 30 до 60 °С спектральный диапазон перестройки составил > 40 ГГц. Однако, этот диапазон может быть расширен при дальнейшем увеличении температуры нагрева.

Выводы. В данной работе рассматривается разработка перестраиваемого узкополосного спектрального фильтра на базе каскада из двух и трех ВБР. Установлено, что запись одной ВБР не обеспечивала требуемую ширину минимума пропускания одновременно с высоким коэффициентом ослабления. Однако каскад из двух или трех ВБР с меньшим ослаблением позволил достичь как узкого минимума пропускания менее 80 пм, так и высокого коэффициента ослабления более 41 дБ. При этом каскад из трех ВБР показал наилучшие спектральные характеристики. Диапазон спектральной перестройки составил более 40 ГГц.

Список использованных источников:

1. Rashed A. N. Z., Tabbour M. S. F., El-Meadawy S. Optimum flat gain with optical amplification technique based on both gain flattening filters and fiber bragg grating methods //Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics. – 2018. – Т. 13. – №. 5. – С. 665-676.
2. Dochow S. et al. Multicore fiber with integrated fiber Bragg gratings for background-free Raman sensing //Optics express. – 2012. – Т. 20. – №. 18. – С. 20156-20169.
3. Brochu G., Laliberté M. A. Quantum Communications Quantum Key Distribution in Optical Communications.
4. Toba M., Mustafa F. M., Barakat T. M. New simulation and analysis fiber Bragg grating: Narrow bandwidth without side lobes //Journal of Physics Communications. – 2020. – Т. 4. – №. 7. – С. 075018.
5. Poulin M. et al. Ultra-narrowband fiber Bragg gratings for laser linewidth reduction and RF filtering //Laser Resonators and Beam Control XII. – SPIE, 2010. – Т. 7579. – С. 245-252.
6. Terentyev V. S. et al. Narrow-band fibre reflector based on a fibre Bragg grating reflection interferometer //Quantum Electronics. – 2018. – Т. 48. – №. 8. – С. 728.