

УДК 681.7.068

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УЗКОПОЛОСНЫХ ФИЛЬТРОВ НА КАСКАДЕ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК

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

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

Введение. Волоконные фильтры нашли большое применение в линиях связи, например, выравнивающие спектр усилителя GFF-фильтры [1], в системах с мощным лазерным излучением для исключения сигнала комбинационного рассеяния [2]. Фильтрация может происходить как в широких диапазонах длин волн, так и в узких. Узкополосные фильтры стали актуальны для задач создания систем квантового распределения ключей различных конфигураций, например, на боковых частотах. В такой системе необходимо отсекал центральную частоту сигнала от боковых максимумов. Как правило к таким фильтрам устанавливаются специальные требования, такие как очень узкая полоса пропускания и при этом большое значение ослабления сигнала более -35 дБ, что является трудновыполнимой задачей. Ранее в России для таких систем применялись фильтры канадской компании Teraxion, состоящие из одной волоконной брэгговской решетки [3]. Однако, в последнее время, появилась необходимость создания замены таких фильтров.

В данной работе рассматривается метод и особенности создания узкополосных волоконных фильтров с минимумом пропускания на длине волны 1550 нм и большим коэффициентом ослабления на каскаде волоконных брэгговских решеток (ВБР).

Основная часть. Для получения узкой полосы минимума пропускания необходимо записывать ВБР большой длины и с низкой модуляцией показателя преломления [4]. В связи с этим для задачи создания узкополосных фильтров была рассмотрена технология записи ВБР с помощью метода фазовой маски и сканирующего лазерного пучка, которая в текущей конфигурации позволяет получать решетки длиной до 54 мм. Для фильтра были определены основные требования к спектральным характеристикам: ширина минимума пропускания по уровню -25 дБ – не менее 0,03 нм, а по уровню -2 дБ – не более 0,08 нм при максимальной аттенюации не менее 35 дБ.

В качестве источника излучения использовался эксимерный KrF лазер COHERENT COMPeXPro 102F с центральной длиной волны 248 нм. Также использовалась высокоточная линейная подвижка с ходом 30 мм, фазовая маска Ibsen photonics ± 1 порядка дифракции (период 1071,5 нм). Для записи была выбрана скорость перемещения транслирующего зеркала 0,02 мм/с. Частота следования импульсов изменялась от 4 до 15 Гц, энергия в импульсе – от 80 до 190 мДж. ВБР записывались в одномодовом телекоммуникационном оптическом волокне стандарта G.657.A2.

Для обеспечения требуемых характеристик были опробованы разные параметры лазерного излучения, однако достичь максимальной аттенюации с узкой полосой пропускания не представилось возможным. При параметрах записи $f = 4$ Гц и $E_{\text{имп}} = 170$ мДж удалось добиться уменьшения пропускания до -31 дБ, однако ширина минимума по уровню -2 дБ стала равна 0,0825 нм, что не отвечает заданным требованиям.

Предлагаемым решением указанной проблемы является последовательное подключение нескольких ВБР с высоким коэффициентом отражения. При этом во избежание паразитной интерференции необходимо вставить оптический изолятор между двумя решетками. Для эксперимента была выбрана пара решеток с аттенюацией -23,8 и -20,3 дБ. Суммарная аттенюация составила -40,4 дБ. При этом ширина спектрального минимума по уровню -25 дБ равна 0,042 нм, а по уровню -2 дБ – 0,078 нм, что удовлетворяет требуемым параметрам.

Выводы. В данной работе была предложена технология создания узкополосного спектрального волоконного фильтра на каскаде ВБР, записанных с помощью лазерного

излучения методом фазовой маски со сканирующим пучком. Было определено, что запись одной решётки со значением ослабления сигнала -31 дБ давала ширину минимума пропускания, не удовлетворяющую требуемым параметрам. С другой стороны, было обнаружено, что каскад из двух решеток меньшего пропускания может давать узкий минимум пропускания и большой коэффициент ослабления порядка -40 дБ. При этом особенностью последовательного подключения двух решеток является необходимость использования оптического изолятора во избежание появления паразитной интерференции.

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. Tawfik N. I. et al. Optimization of uniform fiber Bragg grating reflection spectra for maximum reflectivity and narrow bandwidth //Int. J. Comput. Eng. Res. – 2015. – Т. 5. – С. 53-61.