

## **СИНТЕЗ ПАРАМЕТРОВ КАСКАДА ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЁТОК ДЛЯ ВЫРАВНИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ С ЗАДАНЫМ СПЕКТРОМ**

**Корнеев С. Г.<sup>1</sup>, Аржаненкова А. Н.<sup>1</sup>**

**Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор**

**Мирошниченко Г. П.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет ИТМО

sh\_ark007@mail.ru

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSER-2024-0006).

### **Введение**

Эрбиевые усилители (EDFA) [1], критически важные для WDM-систем, обладают существенной неравномерностью спектра усиления (до 10 дБ), что ограничивает их применение в многоканальной передаче. Для компенсации этой неравномерности используются фильтры выравнивания усиления (GFF) [2]. Перспективным типом GFF являются каскады волоконных брэгговских решеток (ВБР), позволяющие синтезировать требуемую спектральную характеристику путем последовательного суммирования откликов отдельных решеток [3]

Синтез таких каскадов сталкивается с проблемой подбора индивидуальных параметров каждой ВБР (длина волны Брэгга, глубина модуляции, чирп, аподизация) для достижения целевого спектра пропускания. Прямые итерационные методы оптимизации требуют перебора большого числа параметров и не гарантируют технологичности решения.

В данной работе предлагается метод синтеза параметров каскада ВБР, основанный на декомпозиции задачи и предварительном анализе влияния каждого параметра на результирующий спектр. Это позволяет сократить пространство поиска и повысить выход годных изделий при производстве выравнивающих фильтров.

### **Основная часть**

Разработка выравнивающих фильтров на основе каскада волоконных брэгговских решеток требует решения прямой и обратной задач: по заданным параметрам решеток определить результирующий спектр и, наоборот, по целевому спектру подобрать параметры каждой решетки в каскаде. Предлагаемый подход базируется на численном решении связанных дифференциальных уравнений встречных мод с использованием метода Рунге-Кутты второго порядка [4]. Ключевая особенность — разделение влияния каждого параметра: глубина модуляции показателя преломления определяет амплитуду спектра пропускания, период решётки задает центральную длину волны, а чирп и аподизация формируют ширину и форму спектра. Определение и введение уравнений компенсации взаимного влияния параметров на спектр волоконной брэгговской решётки значительно упрощает синтез параметров для получения заданного спектра пропускания выравнивающего фильтра.

### **Выводы**

В результате исследования разработан алгоритм синтеза параметров волоконных брэгговских решеток, позволяющий сократить количество параметров, требующих итерационного определения, с четырёх до одного (чирп). Это достигается за счёт фиксирования аподизации, предварительного аналитического расчета брэгговской длины волны и глубины модуляции.

Предложенный подход обеспечивает существенное сокращение вычислительного времени при сохранении приемлемой точности за счет аппроксимации нелинейной зависимости глубины модуляции. Работа представляет собой шаг к

детерминированному, управляемому моделированием процессу производства каскадных выравнивающих фильтров на основе волоконных брэгговских решёток.

#### **Литература**

1. Desurvive E. Erbium-Doped Fiber Amplifiers. Principles and Applications. N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., 1994. 852 p.
2. 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 // J. Nanoelectron. Optoelectron. 2018. V. 13. № 5. P. 665–676. <https://doi.org/10.1166/jno.2018.2244>
3. Mounia C., Otman A., Badiaa A.A. et al. Gain flatness and noise figure optimization of C-band EDFA in 16-channels WDM system using FBG and GFF // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 2017. V. 7. № 1. P. 289–298. <https://doi.org/10.11591/ijece.v7i1.pp289-298>
4. Kashyap R. Fiber Bragg Gratings. 2nd ed. Academic Press, 2010. 632 p.