

## КОМПЕНСАЦІЯ ДИСПЕРСІЇ У ВОЛОКОННИХ БРЕГГІВСЬКИХ РЕШІТКАХ

Дяченко Р. А.; Левандовський В. Г., к.ф.-м.н., доц.;  
Непочаїх Ю. В., ст. викл.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Волоконна бреггівська решітка — це оптичний елемент, у якому показник заломлення періодично змінюється. Зазвичай довжина такого елемента складає від одиниць міліметрів до декількох сантиметрів, у той час як період модуляції показника заломлення може складати лише сотні нанометрів.

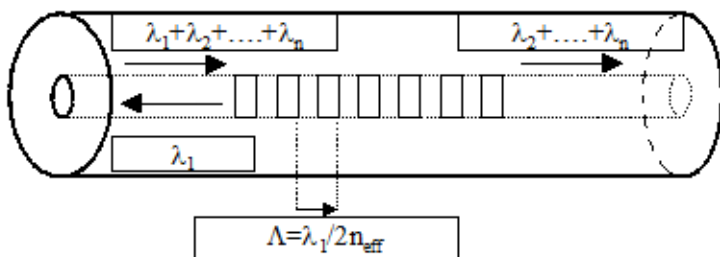


Рисунок 1. Волоконна бреггівська решітка

Модулювання показника заломлення створюють безпосередньо у серцевині оптичного волокна завдяки її фоточутливості до сильного ультрафіолетового (УФ) випромінювання. Матеріал серцевини поглинає УФ випромінювання,

яким діють на певні її ділянки, і збільшує свій показник заломлення у місцях дії (рис. 1). Добре відомо [1], що кремнієве волокно з домішками германію демонструє чудову фоточутливість.

Оптимальним напрямком використання бреггівських решіток є введення їх як компенсаторів дисперсії у сучасні мережі оптоволоконних каналів передачі інформації. Ці пристрої компактні, потенційно дешеві та повністю оптичні (містяться безпосередньо у волоконних світловодах). Підбором геометричних параметрів бреггівських решіток можна отримати задану дисперсійну характеристику приладу компенсації, що було складно зробити за використання компенсаторів на волокні з від'ємною дисперсією. Нажаль, параметри бреггівських решіток мають сильну залежність від впливу зовнішнього середовища, що треба приймати до уваги під час проектуванні волоконно-оптичних ліній зв'язку.

У оптичному волокні існує частотна залежність групових швидкостей мод. Ця залежність має нелінійний характер, що в межах однієї моди змінює форму і тривалість сигналу. Таку дисперсію називають хроматичною [1].

Принцип дії волоконної решітки, як компенсатора дисперсії, полягає у наступному. Дискретну волоконну решітку (ДВР) можна вважати послідовністю окремих волоконних бреггівських решіток з різними періодами, і

певну довжину хвилі повинна відбивати відповідна ділянка решітки. У решітці з лінійною зміною періоду фактично відбувається те саме, лише її період змінюється безперервно а не дискретно. Таким чином, різні спектральні складові вхідного імпульсу проходять різні оптичні шляхи, і виникає штучно створена дисперсія, яка може компенсувати хроматичну дисперсію волокна.

Дисперсію, отриману в решітці у імпульсі з певним спектральним складом, можна визначити відношенням максимальної затримки розповсюдження до ширини смуги решітки [2]:

$$D_g = \frac{\tau}{\Delta\lambda} = \frac{L \cdot \frac{n_{eff}}{c}}{n_{eff} \cdot |\Lambda_{begin} - \Lambda_{end}|}, \quad \frac{\text{пс}}{\text{нм}}, \quad (1)$$

де  $\tau = 2 \cdot \frac{L}{V_g}$ ;

$$\Delta\lambda = 2 \cdot n_{eff} \cdot |\Lambda_{begin} - \Lambda_{end}|;$$

$L$  — довжина решітки;

$V_g$  — групова швидкість імпульсу у решітці;

$n_{eff}$  — ефективний показник заломлення;

$\Lambda_{begin}$ ,  $\Lambda_{end}$  — максимальний і мінімальний період брегівської решітки.

ки.

ДВР можуть бути ефективні для компенсації дисперсії волокон з довжиною хвилі нульової дисперсії 1300 нм для їх використання у сучасних системах передачі інформації з довжиною хвилі 1550 нм [3]. Довжину волокна, дисперсію  $D$  якого компенсує прилад, можна розрахувати за виразом (2):

$$L_{fibre} = \frac{D_g}{D} = 2 \cdot \frac{L}{V_g \cdot \Delta\lambda \cdot D}, \quad (2)$$

Розрахунками з використанням (1, 2) виявлено, що десятисантиметрова решітка може компенсувати дисперсію 100 км стандартного одномодового волокна, що дорівнює 1700 пс/нм для 0,6 нм ширини смуги. Один із найбільш багатообіцяючих методів компенсації дисперсії полягає у виготовленні решіток зі змінним періодом і суперпозицією спектральних відповідей у гранях для одержання безперервних характеристик. Для таких більш складних структур проведені розрахунки з використанням теорії зв'язаних мод [4], в рамках якої допускається зв'язок основних мод, які поширюються в прямому і зворотному напрямі, на резонансній брегівській довжині хвилі. Так, для ДВР із 30 елементів із змінним періодом при коефіцієнті відбивання не нижче 0,95 в діапазоні компенсації 1308 – 1310 нм

одержана довжина ДВР дорівнювала 2,3 мм для компенсації дисперсії 10 пс/нм.

#### **Перелік посилань**

1. Корнейчук В. И., Макаров Т. В., Панфилов И. П., Проживальский О. П. Проектирование волоконно-оптических систем / Учеб. пособие. — Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2006. — 118 с.
2. Kashyap R. Fiber Bragg Gratings / R. Kashyap. — San Diego, CA: Academic Press, 1999. — 478 p. — ISBN 0-12-400560-8.
3. Фокин В. Г. Оптические системы передачи и транспортные сети / Фокин В. Г. — М.: Эко-Трендз, 2008. — 271 с. — ISBN 978-5-88405-084-6.
4. Унгер Х. — Г. Планарные и волоконные оптические волноводы: Пер. с англ./ Унгер Х. — Г. — М.: Мир, 1980. — 656 с. — ISBN 5-03-002418-2.

#### **Анотація**

Представлено результати моделювання волоконної бреггівської решітки, у якій різні спектральні складові вхідного імпульсу проходять різні оптичні шляхи, і виникає штучно створена дисперсія, яка може компенсувати хроматичну дисперсію волокна. Розрахунками виявлено, що десятисантиметрова решітка може компенсувати дисперсію 1700 пс/нм для 100 км стандартного одномодового волокна для 0,6 нм ширини смуги. Проведено розрахунки з використанням теорії зв'язаних мод для більш складних структур, що складаються з багатьох елементів з різними періодами решітки.

**Ключові слова:** бреггівська решітка, стандартне одномодове оптичне волокно, дисперсія, хроматична дисперсія, фоточутливість.

#### **Аннотация**

Представлены результаты моделирования волоконной брегговской решетки, в которой различные спектральные составляющие входного импульса проходят разные оптические пути, и возникает искусственно созданная дисперсия, которая может компенсировать хроматическую дисперсию волокна. Результаты расчетов свидетельствуют, что десятисантиметровая решетка может компенсировать дисперсию 100 км стандартного одномодового волокна для 0,6 нм ширины полосы. Проведены расчеты с применением теории связанных мод для более сложных структур, состоящих из многих элементов с разными периодами решетки.

**Ключевые слова:** брегговская решетка, стандартное одномодовое оптическое волокно, дисперсия, хроматическая дисперсия, светочувствительность.

#### **Abstract**

The results of the modeling of fiber Bragg grating in which the various spectral components of the input pulse pass through different optical paths, and there is an artificially created dispersion which can compensate for the chromatic dispersion of the fiber. The calculation results show that ten centimeter array can compensate the dispersion of 100 km of standard single-mode fiber for the 0,6 nm bandwidth. The calculation using coupled mode theory for more complicated structures consisting of unequal periods of grating has been made.

**Keywords:** Bragg grating, a standard singlemode optical fibers, dispersion, chromatic dispersion, photosensitivity.