

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОФІЛЮ ПОКАЗНИКА ЗАЛОМЛЕННЯ ОПТИЧНИХ ВОЛОКОН ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

*Левандовський В. Г., к.ф.-м.н., доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна*

Розробка ефективної технології високошвидкісних мереж зв'язку із підвищеною інформаційно-пропускнуою здатністю ставить досить жорсткі вимоги до параметрів оптичних волокон (ОВ). Однією з таких вимог є зниження величини дисперсії, щоб запобігти розширенню імпульсів. В той же час залежність дисперсії від довжини хвилі повинна бути досить плавною і не досягати нуля в широкому діапазоні довжин хвиль, щоб запобігти шкідливому впливу нелінійних ефектів, зокрема, явищу чотирьоххвильового змішування. Застосування методики [1,2] дозволяє уникнути дорогих технологічних пошуків і одержати розрахункові формули та рекомендації для профілю показника заломлення (ППЗ) ОВ із необхідними для практичних застосувань характеристиками. Тому задача створення волокон із оптимальними характеристикам із використанням складних ППЗ є актуальною та важливою для практичних застосувань.

В даному повідомленні використано методику [1,2] для одержання інтегральної залежності, що пов'язує розподіл поля хвилі, яка поширюється, із значеннями її фазової та групової швидкості, що задаються на фіксованій частоті [2]:

$$v_{gr}v_{ph} = c^2 \int_0^{\infty} R\Phi^2(R)dR / \int_0^{\infty} R\Phi^2(R)n^2dR, \quad (1)$$

де: $\Phi(R)$ — функція поля хвилі, що поширюється; $n(R)$ — функція ППЗ; c — швидкість світла; v_{gr} та v_{ph} — відповідно значення групової та фазової швидкості хвилі. В результаті проведених розрахунків одержано ППЗ для ОВ із зміщеною ненульовою дисперсією в E , S , C , L діапазонах довжин хвиль, який наведено на рисунку 1. Пунктирною лінією показана величина ППЗ в оболонці.

На рисунку 2 для ОВ з ППЗ типу 1 наведено залежність питомої хроматичної дисперсії M та її складових: матеріальної M_M , хвильоводної M_W та профільної M_p .

Кружком відмічена границя діапазону одномодового режиму. Одержані ППЗ відповідають ОВ з від'ємною дисперсією в діапазоні довжин хвиль 1,25 — 1,65 мкм.

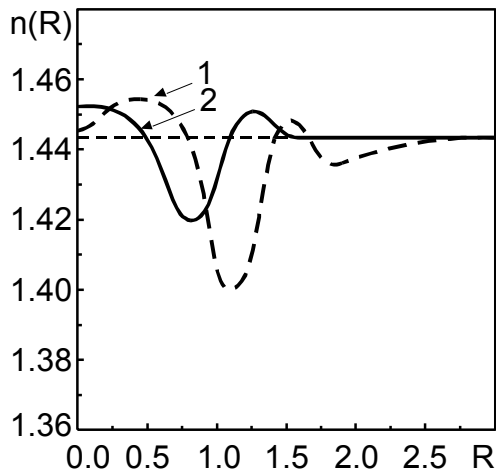


Рис. 1. ППЗ в поперечному перерізі двох моделей волокна із зміщеною ненульовою дисперсією в E, S, C, L діапазонах довжин хвиль

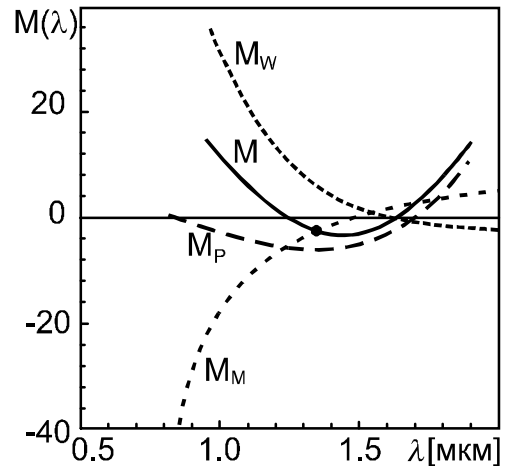


Рис. 2. Залежність питомої хроматичної дисперсії від довжини хвилі для ОВ 1

Залежність від довжини хвилі (рис.2) має слабкий нахил в досить широкому діапазоні довжин хвиль. Такі ОВ можна використовувати у високошвидкісних системах передачі інформації та в компенсаторах дисперсії. Залежність питомої хроматичної дисперсії та її складових для волокна із ППЗ, що відповідає ОВ 2, представлена на рис.3. Одержаний ППЗ належить ОВ із згладженою дисперсією в діапазоні довжин хвиль 1,3–1,62 μm .

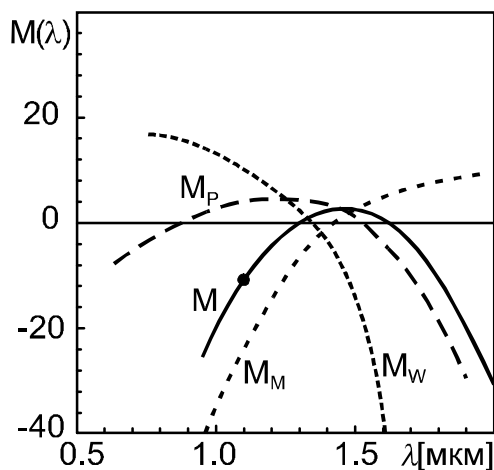


Рис. 3. Залежність питомої хроматичної дисперсії від довжини хвилі для ОВ 2

Дисперсійна крива основної моди одержаного ОВ 1 забезпечує придушення нелінійного ефекту чотири хвильового змішування в області робочих довжин хвиль, які відповідають S, C діапазонам, які використовують в сучасних швидкісних мережах зв'язку, що призводить до зменшення вартості таких мереж. Слід відмітити, що такі ОВ мають дисперсійні параметри та ефективну площу до $75 \mu\text{m}^2$, що відповідає параметрам ОВ ведучих виробників. Застосування таких ОВ призведе до збільшення пропускної здатності систем передавання інформації і дозволить оптимізувати витрати на компенсацію як самої дисперсії, так і її негладкості що дозволяє застосовувати їх в мережах з інтенсивним спектральним ущільненням та великим числом каналів.

Література

1. Левандовський В. Г. Метод проектування показника заломлення у хвилеводі круглого поперечного перерізу / В. Г. Левандовський // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — 2010. — № 39. — С. 98—103.
2. Левандовський В. Г. Оптимізація профілю показника заломлення хвилеводу за коефіцієнтом локалізації / В. Г. Левандовський // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — 2010. — № 41. — С. 98—102.

Анотація

Одержані профілі показників заломлення оптичного волокна зі зміщеною ненульовою дисперсією в E, S, C, L діапазонах довжин хвиль, а також, волокон з від'ємною дисперсією в діапазоні довжин хвиль 1,25 — 1,65 мкм. Мінімальне значення дисперсії дозволяє зменшити розширення оптичних імпульсів і виявляється достатнім для значного зменшення впливу нелінійного ефекту чотирехвильового змішання, що дозволяє зменшити втрати інформації. Це дає можливість підвищити пропускну здатність систем передачі і дозволяє мінімізувати витрати на компенсацію як самої дисперсії, так і її негладкості. Такі оптичні волокна можуть застосовуватись в мережах з інтенсивним спектральним ущільненням та великим числом каналів (DWDM), які працюють в діапазонах 1310 нм, 1420 нм, 1665 нм.

Ключові слова: оптичне волокно, нелінійні ефекти, дисперсія оптичного волокна, спектральне ущільнення.

Аннотация

Получены профили показателя преломления оптического волокна со смещенной ненулевой дисперсией в E, S, C, L диапазонах длин волн, а также, волокон с отрицательной дисперсией в диапазоне длин волн 1,25 — 1,65 мкм. Минимальное значение дисперсии позволяет уменьшить уширение оптических импульсов и оказывается достаточным для подавления нелинейного эффекта четырехволнового смешивания, что позволяет снизить потери информации. Это дает возможность повысить пропускную способность системы передачи и позволяет минимизировать затраты на компенсацию как самой дисперсии так и ее негладкости. Такие волокна могут применяться в сетях с интенсивным спектральным уплотнением и большим числом каналов (DWDM), работающих в диапазонах 1310 нм, 1420 нм, 1665 нм.

Ключевые слова: оптическое волокно, нелинейные эффекты, дисперсия оптического волокна, спектральное уплотнение.

Abstract

Refractive index profiles of optical fibers with shifted nonzero dispersion at E, S, C, L wavelength diapasons and for fibers with negative dispersion value at 1,25 — 1,65 mkm wavelength diapason have been determined. Such minimization of dispersion makes it possible to reduce optical impulses broadening and provide to nonlinear fourwave mixing suppression as to decrease information losses. It make possible to increase transmission system capacity and to minimize effort for dispersion compensation and for compensation of dispersion curve roughness also. Such optical fibers can be used in networks with intensive wavelength division multiplexing and a lot of channels (DWDM). That works in 1310 nm, 1420 nm, 1665 nm diapasons.

Keywords: optical fiber, nonlinear effects, dispersion of optical fiber, wavelength division multiplexing.