

УДК 681.7.068.

И.О.Котов (6 курс, каф. РФ), Л.Б.Лиокумович, к.ф.-м.н., доц.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ В МНОГОМОДОВЫХ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДАХ

Процессы обратного рассеяния света в оптических волокнах давно используются в системах диагностики протяженных световодов и в волоконно-оптических распределенных датчиках физических величин [1]. Для этих целей используется техника временной оптической рефлектометрии [2]. Величина рассеянной в обратном направлении мощности в пределах числовой апертуры волокна регистрируется чувствительным фотоприемником в зависимости от времени задержки света при прохождении от входного торца до точки рассеяния и обратно. Полученная таким образом рефлектограмма содержит информацию о параметрах волоконного световода, зависящую от продольной координаты, и о физических факторах, воздействующих на световод (температура, давление, механические воздействия).

В многомодовых световодах принимаемый обратно рассеянный сигнал сложным образом зависит от условий распространения света по волноводу и во многом определяется функциями распределения мощности излучения по модам. Для теоретического описания таких явления применяется модель некогерентного рассеяния света [3]. Ее отличительными особенностями, в сравнении с другими, можно назвать приближение модового континуума R и применение оператора рэлеевского рассеяния $S(R, R')$, описывающего передачу мощности из прямой моды в обратно рассеянную:

$$p_z^b(R) = \int_0^1 S_z(R, R') p_z^f(R') R' dR',$$

где $p_z^{f,b}(R)$ – распределение мощности по модам в прямом (f) и обратном направлении (b). Кроме того, в указанной модели используется адиабатическое приближение изменений параметров световода, при котором происходит преобразование модовых полей без изменения их структуры (с сохранением номера моды).

В результате полного расчета процесса распространения света в прямом и обратном направлении, а также преобразование модовых распределений мощности при рассеянии в определенном сечении z , можно получить формулу для расчета полной мощности принимаемой фотоприемником.

$$P_z = \int_0^1 p_z(R) \cdot m_z(R) \cdot dR,$$

где $m_z(R)$ – модовая плотность, характеризующая, сколько мод может одновременно распространяться в сечении световода z на единичный интервал параметра R .

В работе приводятся формулы для случая градиентного многомодового волокна с α -профилем и проведены расчеты принимаемой мощности, в зависимости от продольных флуктуаций параметров волокна. Показано, что наибольшее влияние на формирование рефлектограммы оказывают флуктуации диаметра сердцевины и относительной разности показателей преломления.

Приведены экспериментальные рефлектограммы, показывающие проблемы описания процессов рассеяния света при наличии в многомодовых волоконных световодах резких неоднородностей (изгиб, оптический разъем и т.д.)

Недостатками изученной модели являются адиабатическое приближение и то, что рассматривается оптическое излучение с шириной спектра много меньше длины волны (одноволновое приближение).

В дальнейшем планируется рассмотреть световоды с резкими изменениями параметров и процессы рассеяния с преобразованием длины волны света (рамановское рассеяние).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ю.Н.Кульчин «Распределенные волоконно-оптические измерительные системы» М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. 272 с.
2. А.Б.Иванов. «Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения» М.: Компания Сайрус Системс, 1999. 672 с.
3. A.R.Mickelson, M.Eriksrud. «Theory of the backscattering process in multimode optical fibers». Applied Optics, vol.21, № 11, pp. 1898-1909, June 1982.