

## СВЯЗЬ

# Экспресс-метод получения профиля показателя преломления оптического волокна

## Express method to obtain the refractive index profile of optical fiber

**Ключевые слова:** профиль показателя преломления – refractive index profile; волоконный световод – optical fiber; светодиод – LED.

Была собрана установка и разработана методика для получения профиля распределения показателя преломления оптического волокна. В качестве источника были использованы светодиоды, а в качестве фотоприемника – микроскоп, совмещенный с телекамерой, подключенной к персональному компьютеру. Обработка полученных данных с камеры происходила программным методом.

To obtain the refractive index profile of optical fiber, device and method were made. LEDs source were used, and as a photo detector was a microscope combined with a CCD-camera, connected to a PC. Digital image of the output end of fiber was received. Form of refractive index profile can be estimated by using these data.

Темпы развития современных технологий в области волоконно-оптических систем вынуждают разработчиков волноводных систем решать задачи, связанные с уплотнением потоков информации, передаваемых по световодам. Волоконные световоды являются основой волоконно-оптических систем передачи информации. Волоконный световод представляет собой двуслойную цилиндрическую структуру в виде сердцевины и оболочки радиусами  $r_1$  и  $r_2$  и показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$ . Кроме того, существуют градиентные волокна, где показатель преломления изменяется постепенно от  $n_1$  в центре к  $n_2$  на краю, при этом моды распространяются по плавным кривым, что позволяет избавиться от модовой дисперсии и увеличить полосу пропускания световода.

Правильным выбором функции  $n(r)$  профиля показателя преломления (ППП) можно обеспечить ширину полосы пропускания в многомодовых

**СУПРУН / SUPRUN A.**

**Антон Сергеевич**

(asuprun@list.ru)

аспирант, заместитель декана факультета коммуникационных технологий  
Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий,  
механики и оптики,  
Санкт-Петербург

световодах величиной до  $10^2$  ГГц·км для ступенчатых световодов и до  $10^{10}$  ГГц·км для градиентных волокон, что сравнимо с полосой пропускания одномодовых световодов. Но на практике трудно достичь высших показателей ширины пропускания из-за несоответствия профиля показателя преломления расчетному. Измерение и контроль ППП необходимы для обеспечения технологического процесса производства волоконных световодов.

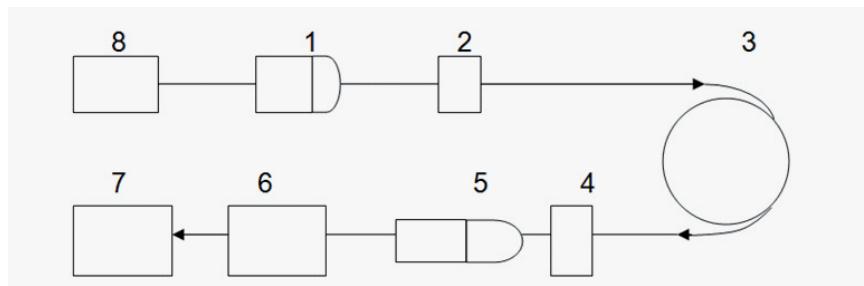
### ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Структурная схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Экспериментальная установка состоит из осветителя, волоконного световода, микроскопа, ТВ-камеры и компьютера.

В качестве источника излучения был использован светодиодный осветитель, представляющий собой плоский ламбертовский источник с параллельным пучком излучения. Стоит отметить возможность смены светодиодов для подбора наиболее подходящих по своим спектральным характеристикам или для изучения спектральных свойств волокна.

Подбор светодиодов осуществляется с учетом спектральных и яркостных характеристик, а также физических параметров линзы. Измерения нужно проводить при той чувствительности ПЗС и таком уровне яркости осветителя, который даст максимальную информативность изображения, что достигается программной установкой режимов работы матричного приемника.

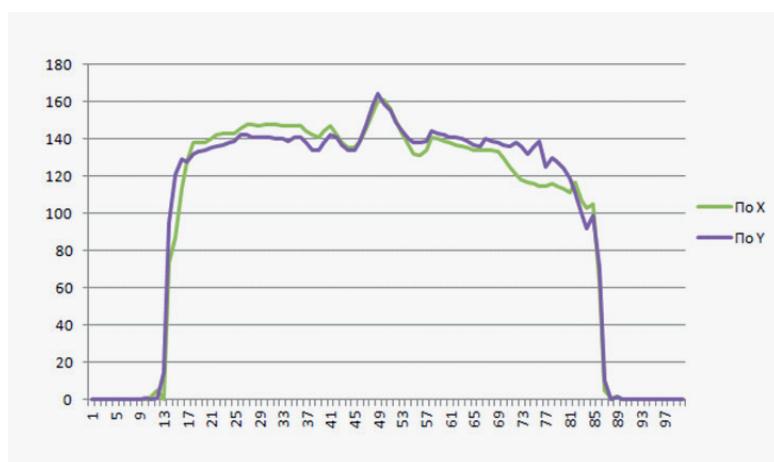
В качестве измерительной аппаратуры была использована ТВ-камера с ПЗС-матрицей, изображение на которую проецировалось выходным окном микроскопа. Полученные данные обрабатываются в специализированном ПО. На выходе



**Рис. 1.** Схема лабораторной установки: 1 – осветитель, 2, 4 – держатели волоконного световода, 3 – волоконный световод, 5 – микроскоп, 6 – ТВ-камера, 7 – компьютер, 8 – блок питания осветителя



**Рис. 2.** Изображение выходного торца световода, в центре кадра – исследуемый образец оптического волокна.  
Осями отмечены линии, соответствующие линиям измерения интенсивности падающего излучения



**Рис. 3.** График зависимости мощности излучения  $P(r)$  от координаты по оси  $X$  и  $Y$  на выходном торце световода

# СВЯЗЬ

имеется массив числовых данных, отражающий распределение интенсивности света на выходном торце световода.

## ИЗМЕРЕНИЕ ПРОФИЛЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

В работе использовался метод ближнего поля, который достаточно точен при работе с многомодовыми световодами и достаточно легко осуществим на практике. Метод ближнего поля позволяет определить распределение показателя преломления в сердцевине оптического волокна по измерениям интенсивности света в ближней зоне, т.е. непосредственно у выходного торца волоконного световода. При этом используется тот факт, что энергия излучения, переносимого направляемыми модами волоконного световода, пропорциональна разности показателей преломления ( $n_1 - n_2$ ) сердцевины и оболочки при условии, что распределение энергии излучения по всем модам на входе световода равномерное.

Испускаемое светодиодом излучение падает на входную плоскость волокна при соблюдении условия равномерного распределения энергии излучения по модам. После прохождения светом волокна на выходе в ближней зоне идет съем картинки с помощью микроскопа и ПЗС-телекамеры с линейной цветопередачей, т.е. при отсутствии гамма-коррекции в монохромном режиме (рис. 2). Полученные графические изображения подлежат программной обработке на ПК, где вычисляется вид профиля относительного распределения интенсивности излучения на выходном торце световода. Из файла изображения выходного торца световода снимается двумерный массив числовых данных значений интенсивности по осям, центр пересечения которых совпадает с центром окружности исследуемого образца. Точкам измерения величины интенсивности соответствуют пиксели изображения. Форма распределения относительной интенсивности напрямую связана с распределением мощности излучения по модам  $P(r)$ .

В ходе работы проведены пробные эксперименты, на основе которых получены параметры показателя преломления материалов волоконного световода. При расчете задаются численные значения минимального  $n_2$  и максимального  $n_1$  показателей преломления материалов волоконного световода, которые обычно определяются на основе других независимых измерений. Искомая функция профиля показателя преломления волокна однозначно связана с распределением  $P(r)$ , которое непосредственно определяется в эксперименте (рис. 3).

Использование достаточно недорогого оборудования и достаточная простота сборки позво-

ляют нам говорить о высокой востребованности метода ближнего поля в производстве. Использование стандартных цифровых технологий облегчает процесс получения и обработки данных.

## Литература

1. Diasty F. Characterization of optical fibres by two- and multiple-beam interferometry.
2. Супрун А.С. Измерение профиля показателя преломления волоконных световодов // Сб. тезисов докладов конференции молодых ученых. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – С. 134.
3. Hutsel M.R., Montarou C.C., Dachevski A.I., Gaylord T.K. Algorithm performance in the determination of the refractive-index profile of optical fibers.