

УДК 621.3.081

## МЕТОД И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДУПЛЕКСНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО ВОЛОКОННОМУ СВЕТОВОДУ

В.А. Григорьев, начальник отдела ЗАО «МНИТИ», к.т.н.; 770@mniti.ru

**Ключевые слова:** устройство ввода/вывода излучения, волоконно-оптический жгутовой ответвитель, приемопередающий волоконный световод, оптическая развязка каналов связи.

**Введение.** Для помехоустойчивых систем связи необходима разработка методов и устройств, обеспечивающих реализацию дуплексного режима передачи информации по одному волоконному световоду (ВС).

В [1, 2] описано устройство ввода излучения в ВС на принципе пространственного деления потока излучения в виде уголкового отражателя, направляющего по волоконному тракту излучение от источника к фотоприемнику. В [3] сообщается об устройстве ввода, в качестве которого выступает направленный ответвитель, состоящий из двух скрученных и сплавленных отрезков оптического волокна.

Общий недостаток этих устройств — низкий коэффициент направленности [1] передаваемого потока излучения, обусловлен тем, что поток излучения на выходе ВС после разделения в равных частях направляется на фотоприемник и источник излучения.

Цель статьи — описание разработанного метода неравномерного распреде-

ления потока излучения и устройства ввода/вывода оптического излучения в ВС, позволяющих организовать дуплексную передачу информации по ВС.

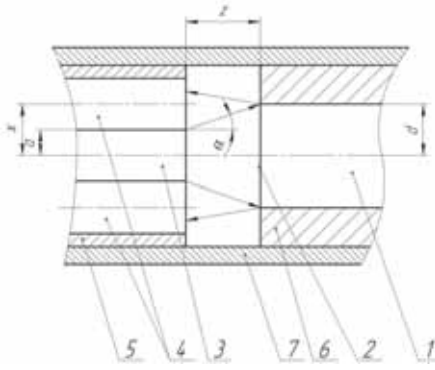
**Анализ исходных данных.** В распоряжении разработчика имеется приемопередающий ВС, по которому предстоит передавать оптическое излучение одновременно в двух направлениях между двумя оптоэлектронными блоками с источниками и приемниками излучения. Необходимо оптически согласовать приемопередающий ВС с источниками и приемниками излучения. При этом оптическое излучение должно с минимальными потерями пройти путь от источника излучения до фотоприемника. Кроме того, необходимо обеспечить высокий коэффициент направленности, характеризующий уровень оптической развязки между «своим» источником и «своим» приемником оптического излучения. Для решения этой технической задачи найден метод и создано устройство эффективного ввода/вывода оптического излучения в приемопередающий ВС.

**Метод.** Наиболее эффективным представляется метод неравномерного распределения потока излучения на входном/выходном торце приемопере-

дающего ВС. На его входной торец от источника поступает излучение определенной мощности. Излучение такой же мощности (с учетом оптических потерь в ВС) попадает на этот же торец (одновременно он становится выходным) с противоположного конца приемопередающего ВС.

Метод неравномерного деления потока излучения позволяет основную долю мощности от источника излучения направить с выходного торца приемопередающего ВС на фотоприемник. При этом обеспечиваются минимальные оптические потери между источником и приемником излучения и приемлемый уровень оптической развязки между «своим» источником и «своим» приемником оптического излучения.

**Устройство.** Для реализации метода создано устройство ввода/вывода оптического излучения в ВС (рис. 1). Здесь: 1 — приемопередающий ВС; 2 — входной/выходной торец приемопередающего ВС; 3 — центральный световод ответвителя; 4 — приемные световоды ответвителя;  $a$  — радиус центрального световода ответвителя;  $d$  — радиус приемопередающего ВС;  $z$  — расстояние между торцами ответвителя и приемопередающего ВС;  $x$  — поперечное сме-



щение осей световодов;  $a$  – апертурный угол световодов; 5 – оптический наконечник ответвителя; 6 – оптический наконечник приемопередающего ВС; 7 – соединительная втулка.

Устройство состоит из волоконно-оптического жгутового ответвителя на основе семи световодов и приемопередающего ВС, при этом общий торец ответвителя устанавливается с определенным зазором относительно входного/выходного торца приемопередающего ВС. Центральное волокно ответвителя оптически связано с источником излучения и направляет поток излучения от источника на входной/выходной торец приемопередающего ВС. Шесть остальных ВС принимают излучение с входного/выходного торца приемопередающего ВС и направляют его к фотоприемнику.

Неравномерное деление мощности излучения на выходе приемопередающего ВС происходит по следующей схеме: на фотоприемник второго оптоэлектронного блока поступает основная часть мощности излучения, которое через центральный ВС первого ответвителя, входной торец, приемопередающий ВС, выходной торец и центральный ВС второго ответвителя передает источник излучения первого оптоэлектронного блока. Остальное излучение попадает на второй источник и рассеивается в окружающем пространстве. При этом излучение от «своего» источника не воспринимается «своим» приемником как полезный сигнал, поступающий от второго источника на удаленном конце линии, и не вызывает ложного срабатывания этой системы связи.

Определяющим элементом в построении устройства является приемопередающий ВС, параметры которого связаны с параметрами ВС ответвителя соотношениями:

$$0,5d + ztg\alpha = 2,5a; \quad (1)$$

$$a + ztg\alpha \leq 0,5d. \quad (2)$$

Выражение (1) определяет условия ввода максимальной мощности излучения от выходного торца приемопередающего ВС на входные торцы приемных световодов ответвителя. Выражение (2) соответствует условиям полной передачи мощности излучения между выходным торцом центрального световода ответвителя и входным торцом приемопередающего ВС.

При выполнении этих условий зазор  $z$  между общим торцом ответвителя и приемопередающим ВС определяется из выражения:

$$z = \sqrt{\left(\frac{D - D_1}{2NA}\right)^2 - \left(\frac{D - D_1}{2}\right)^2}, \quad (3)$$

где  $D = 2d$  – диаметр приемопередающего ВС;  $D_1 = 2a$  – диаметр ВС ответвителя;  $NA$  – его числовая апертура.

**Способ изготовления устройства.** Для рационального практического воплощения разработан способ изготовления устройства ввода/вывода оптического излучения в ВС, основанный на электроэрозионной технологии изготовления волоконно-оптических соединителей [5].

Предложенный способ обеспечивает соединение ВС с неодинаковыми размерами диаметров путем изготовления в оптических наконечниках соединителя капиллярных отверстий с различными размерами. При этом капиллярные отверстия в оптических наконечниках изготавливают по следующей схеме. В одном оптическом наконечнике делают капиллярное отверстие диаметром  $2d$  (см. рисунок). После обработки наконечник оставляют в соединительной втулке, в которую вставляют другой оптический наконечник и изготавливают капиллярное отверстие диаметром  $ba$ .

Способ позволяет сделать капиллярные отверстия в оптических наконечниках соединителя с размерами, равными номинальным значениям диаметров соединяемых световодов. Это достигается либо корректировкой управляющей программы, либо изменением (на 30–50 В) импульсного напряжения на электродах электроэрозионного станка и/или скорости обработки. Как правило, за два–три

таких приема достигается желаемый результат.

**Применение.** Устройство ввода/вывода оптического излучения используют в ВОЛС для согласования приемопередающего ВС с оптоэлектронным блоком. Реальное устройство состоит из ответвителя, изготовленного на основе световодов диаметром 55 мкм (диаметр сердцевины 50 мкм) из многокомпонентного стекла, и кварцкварцевого световода с геометрическими размерами 100/144 мкм и числовой апертурой 0,2. Устройство ввода/вывода оптического излучения характеризуется параметрами:

- расстояние между торцами  $z = 65$  мкм;
- вносимые потери – 1,3 дБ;
- избыточные потери – 0,4 дБ;
- коэффициент направленности (при наличии иммерсионной жидкости) – 41,4 дБ.

**Заключение.** Дуплексный режим передачи информации по ВС осуществлен на основе разработанных метода и устройства неравномерного распределения потока излучения на торце световода. Они позволяют направить основную часть мощности излучения от источника на фотоприемник и обеспечить удовлетворительную развязку между «своим» источником и «своим» приемником оптического излучения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Iga H., Oikawa M. Stacked Planar Optics / Proc. Integr. Opt. and Opt. Fib. Comm. Conf. – Tokyo, 1981. – P. 493–494.
2. Masuda S, Iwama T. Single-mode Fiber optic Directional Coupler / Appl. opt. – 1982. – Vol. 21. – P. 3484–3488.
3. Беловолов М.И., Дианов Е.М., Лучников А.В. Волоконные оптические направленные ответвители с малыми потерями / Квантовая электроника. – 1985. – т.12.
4. Волоконно-оптическая техника: современное состояние и перспективы/ Под ред. С. А. Дмитриева и Н. Н. Слепова. – М.: ООО «Волоконно-оптическая техника». – 2005. – С. 250.
5. Патент № 2152061 РФ, 23.12.1996г. Способ изготовления волоконно-оптического соединителя (вариант 2)/ В.А. Григорьев В.А. Кравченко. – Оpubл. 2000, Бюл. №18.

Получено 19.10.10.