

И. В. ДОКТОРОВИЧ, д. ф.-м. н. И. М. ФОДЧУК,
В. К. БУТЕНКО, д. т. н. В. Н. ГОДОВАНЮК, В. Г. ЮРЬЕВ

Украина, г. Черновцы, ЦКБ "Ритм", Черновицкий нац. ун-т
им. Юрия Фельковича
E-mail: rhythm@chv.ukrpack.net

Дата поступления в редакцию
02.11 2004 г.

Оппонент д. т. н. В. И. ОСИНСКИЙ
(Центр оптоэлектронных технологий, г. Киев)

ОПТИЧЕСКИЙ АТТЕНЮАТОР

Описан прецизионный оптический аттенюатор, предназначенный для использования в установках измерения параметров передающих и приемных модулей волоконно-оптических линий связи.

На сегодня промышленностью выпускается ряд генераторов оптических сигналов (ОГ4-162, ОГ5-87), предназначенных для настройки, регулировки и испытаний устройств и элементов световодных систем связи и передачи информации, и ваттметров поглощаемой оптической мощности (ОМЗ-65, ОМЗ-77), предназначенных для измерения среднего значения мощности непрерывного оптического излучения в световодных системах связи [1].

Вместе с тем при проверке параметров изготавливаемых передающих и приемных модулей волоконно-оптических линий связи возникает потребность создания перепада потока излучения оптическими средствами, не меняя режимов работы модулей. В Украине нет разработок таких средств измерений.

В рамках решения задачи метрологического обеспечения выпуска модулей волоконно-оптических линий связи авторами рассматривались различные схемы, с помощью которых можно создать перепад потока излучения оптическими средствами.

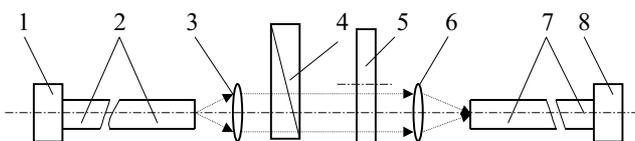
Один из способов — ослабление мощности оптического излучения, основанное на изменении расстояния между передающим и приемным модулями. Для этого достаточно изменять расстояние между световодами, подсоединенными к источнику и приемнику излучения. Однако передача оптического излучения от одного световода к другому с диаметром сердцевины 50 мкм связана с определенными трудностями: поперечное смещение световодов друг относительно друга; угловая несогласованность главных оптических осей; неадекватная установка ослабления светового потока при одинаковых перемещениях световодов и т. д.

Описанный способ является достаточно распространенным и используется для ослабления светового потока, однако он дает низкую повторяемость результатов измерения, а следовательно, и большую погрешность. Улучшить точность этого метода можно используя точную механику и тщательно юстируя выходной и входной торцы световолокон, но это приведет к удорожанию оснастки и усложнит его при ис-

пользовании. По нашему мнению, способ может быть использован лишь для качественной оценки волоконно-оптических модулей.

Опробован и другой метод — метод ослабления мощности оптического излучения при помощи светофильтров, которые вводятся между жестко зафиксированными передающим и приемным модулями. Для этого метода достаточно подобрать марку стекла [2] и рассчитать коэффициенты ослабления потока излучения с заданным шагом ослабления. Однако этот метод также имеет высокую погрешность измерения параметров испытываемых модулей. Причина в том, что при прохождении излучения с малыми размерами пучка (50...60 мкм) происходит рассеивание на микронеровностях поверхности светофильтра и в самом стекле, а улучшение качества обработки поверхности светофильтра не улучшает существенно точности измерения.

С учетом упомянутых методов ослабления потока излучения была разработана установка, оптическая схема которой приведена на рисунке. В установке при измерениях параметров передающих модулей используется калиброванный приемный модуль, и наоборот, при измерениях приемного модуля используется передающий.



Оптическая схема установки для измерения параметров передающих и приемных модулей волоконно-оптических линий связи:

1 — передающий модуль; 2, 7 — волоконно-оптический световод; 3, 6 — объектив; 4 — клиновидный ослабитель; 5 — турель с дискретными ослабляющими элементами; 8 — приемный модуль

Оптические элементы 2—7 составляют оптический ослабитель (аттенюатор). Конструктивно он выполнен в виде моноблока, в котором жестко закреплены световоды, объективы и механизмы установки уровня ослабления светового потока. Механизм с клиновидным ослабителем обеспечивает плавное изменение потока излучения, механизм с элементами дискретного ослабления обеспечивает ступенчатое ослабление.

Световоды, оптические разъемы которых являются входом и выходом аттенюатора, введены в аттенюатор для того, чтобы исключить влияние на результаты измерения поперечного смещения и углового несогласования главных оптических осей испытуемых модулей и объективов. Известно [3], что современные оптические разъемы обеспечивают высокую надежность оптического контакта элементов и повторяемость результатов измерения. Поэтому отъюстировав один раз систему "выход световода 2 — объектив 3 и объектив 6 — вход световода 7", мы снимаем необходимость доюстирования передающего или приемного модуля относительно оптической системы при каждой смене модуля.

Как видим, в данной схеме в пучок потока излучения также вводятся ослабляющие элементы из стекла (4 и 5). Однако они вводятся в квазипараллельный поток, диаметр которого определяется максимальным углом ввода-вывода потока в волоконно-оптический световод. Если числовая апертура волокна будет равна 0,25, то максимальный угол ввода-вывода потока будет приблизительно равен 15° [4]. При фокусном расстоянии объектива $f_{об} = 10$ мм световой диаметр будет приблизительно равен 5 мм. При таком световом диаметре искажения потока излучения микронеровностями поверхности и дефектами в объеме светофильтра, а соответственно и увеличение погрешности изменений параметров модулей, незначительны.

В качестве светофильтров использованы фильтры из нейтрального стекла типа НС. После определения коэффициентов пропускания τ_λ и расчета коэффициентов поглощения K_λ [2, 5] были пересчитаны толщины и изготовлены фильтры с ослаблением потока излучения от 0 до 30 дБ (с шагом 2 дБ). Отличие реальных значений коэффициентов ослабления фильтров от номинальных (рассчитанных) не превышает $\pm 0,7\%$.

Клиновидный ослабитель, изготовленный в виде диска, плотность которого меняется вдоль диаметра, обеспечивает плавное ослабление потока излучения в пределах 2 дБ (коэффициент ослабления изменяется от 0 до 1,58) при повороте ослабителя на угол 180° .

Для устранения изменения хода лучей ослабитель изготовлен в классическом варианте — из двух склеенных клиньев, один из которых изготовлен из нейтрального стекла типа НС, другой — из прозрачного. В таком виде ослабитель представляет собой плоскопараллельную пластину, где, как известно [6], при прохождении лучей по нормали к плоскости изменения хода лучей не происходит.

В предложенной конструкции аттенюатора погрешность установки (задания) угла поворотного механизма клиновидного ослабителя определяет погрешность

задания коэффициента ослабления. Погрешность установки угла не превышает $\pm 1^\circ$. Если учесть, что ослабление пучка излучения происходит на диаметре 100 мм, то погрешность задания коэффициента плавного ослабления не выходит за пределы $\pm 0,9\%$. Это достаточно малая величина, т. е. после нанесения шкалы на поворотный механизм и юстирования в оптическом аттенюаторе получена возможность достаточно точно устанавливать коэффициент плавного ослабления потока излучения.

Нами проведены исследования параметров изготовленного оптического аттенюатора и определена основная относительная погрешность установки коэффициентов ослабления. Результаты измерений приведены ниже.

Рабочий спектральный диапазон, $\lambda_{раб}$	850 ± 50 нм
Пределы дискретного изменения коэффициента ослабления (с шагом 2 дБ), $D_{диск}$	0—30 дБ
Пределы плавного изменения коэффициента ослабления, $D_{пл}$	0—2 дБ
Коэффициент ослабления аттенюатора (при $D_{диск} = 0$ дБ и $D_{пл} = 0$ дБ), $D_{ат}$	3,5 дБ
Неповторяемость установки $D_{диск}$ и $D_{пл}$, δ_D	$\pm 0,5\%$
Основная относительная погрешность установки коэффициента ослабления, δ_D	$\pm 2,5\%$

Выводы

Разработанный оптический аттенюатор представляет собой прецизионный оптический узел установки для проверки параметров передающих и приемных модулей волоконно-оптических линий связи, обеспечивающий высокую точность и повторяемость результатов измерений.

Оригинальная конструкция клиновидного ослабителя имеет малые размеры и может быть использована при конструировании малогабаритных оптических узлов, где требуется плавное изменение коэффициента ослабления.

При необходимости пределы изменения коэффициентов ослабления аттенюатора можно установить другими, выбрав соответствующие марки стекла.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Мат-лы III Междунар. выставки "Связь-86".— Москва, "Красная Пресня".— 1986.
2. Каталог цветного стекла.— М.: Машиностроение, 1967.
3. Гауэр Дж. Оптические линии связи.— М.: Энергоиздат, 1988.
4. Справочник по волоконно-оптическим линиям связи / Под ред. С. В. Свечникова, Л. М. Андрущенко.— К.: Техника, 1988.
5. ГОСТ 9411—78. Стекло цветное оптическое.— М.: Изд-во стандартов, 1978.
6. Ландсберг Г. С. Оптика.— М.: Наука, 1976.