

Мультидатчик на основе оптического волокна

Г.В.Василевский, С.В.Жданович, А.А.Лагутик, Т.М.Лукашик

Белорусская Государственная Академия Связи, г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время волоконно-оптические кабели находят широкое применение для передачи различного вида информации. Одним из таких видов информации является сведения о состоянии того или иного объекта. Это связано с тем, что на основании оптического волокна, входящего в состав волоконно-оптического кабеля, можно создавать различного рода датчики для измерения деформации, вибрации и других механических воздействий [1]. Все более широко такие датчики используются для обеспечения безопасности различного рода объектов хозяйствования от проникновения [2, 3]. К преимуществам датчиков на основе оптического волокна перед другими типами датчиков можно отнести следующее: невосприимчивость их к электромагнитным воздействиям; они являются электробезопасными; для их создания можно использовать оптическое волокно, применяемое в волоконно-оптических кабелях.

В качестве объектов исследования были выбраны оптические волокна G652, G655 и G657. Данные оптические волокна были выбраны, поскольку находят широкое применение при изготовлении волоконно-оптического кабеля. Блок-схема экспериментальной установки для исследования свойств оптических волокон в области макроизгиба показана на рисунке 1.

Экспериментальная установка функционирует следующим образом. Оптические импульсы длительностью 3,0 нс рефлектометр Р направляет в оптическое волокно ОВ. Измерения проводились на следующих длинах волн оптического излучения импульсов рефлектометра Р: 1310, 1490, 1550 и 1625 нм. Эти длины волн соответствовали окнам прозрачности исследуемых оптических волокон. Катушки с оптическим волокном К1 и К2 позволяют изменять длину находящегося между этими катушками участка оптического волокна, где формируются макроизгибы. На участке оптоволокна между катушками К1 и К2 располагается формирователь макроизгиба оптического волокна Ф. Формирователь макроизгиба Ф предназначен для создания макроизгибов оптоволокна с диаметрами в диапазоне от 5 до 60 мм. Такой диапазон был выбран поскольку при диаметрах макроизгиба больших 60 мм затухание оптического излучения, вносимое этим макроизгибом, пренебрежимо мало, а при диаметрах макроизгиба меньших 5 мм возможен излом оптического волокна. Рефлектометр Р необходим для получения рефлектограмм обратно рассеянного оптического излучения в оптическом волокне, образуемого оптическими импульсами, распространяющимися по волокну. Протяженность оптического волокна была одинакова для всех исследуемых оптических волокон и составляла 1,6 км. Измерения выполнялись при постоянной температуре $T = 293$ К.

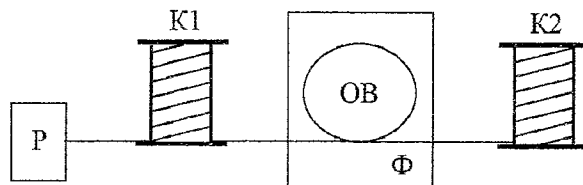


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки: Р – рефлектометр; К1 и К2 – катушки с оптическим волокном; ОВ – оптическое волокно; Ф – формирователь макроизгиба оптического волокна

В процессе измерения были получены рефлектограммы для оптического волокна с наличием макроизгиба. На рисунке 2 представлены типичные рефлектограммы, полученные при длине волны оптического излучения 1550 нм, для волокна G655 без макроизгиба (рисунок 2а) и с наличием одного макроизгиба (рисунок 2б). При наличии в волокне макроизгиба на её рефлектограмме появляется «ступенька», которая характеризуется высотой ΔD (рисунок 2б). Наиболее четко такая ступенька начинает проявляться в рефлектограммах, которые получены при диаметрах макроизгиба оптоволокна $d_M \leq 20$ мм для всех исследуемых типов оптических волокон.

Проведены экспериментальные исследования величины затухания мощности оптического излучения на макроизгибе ΔD в зависимости от величины d_M и длины волны оптического излучения. При постоянной длине волны оптического излучения, но при уменьшении диаметра макроизгиба величина ΔD возрастала. Также наблюдалось увеличение ΔD при постоянном

значении d_M и увеличении длины волны оптического излучения. Необходимо отметить, что при постоянных значениях длины волны оптического излучения и диаметра макроизгиба высота «ступеньки» принимала разные значения для различных типов оптических волокон.

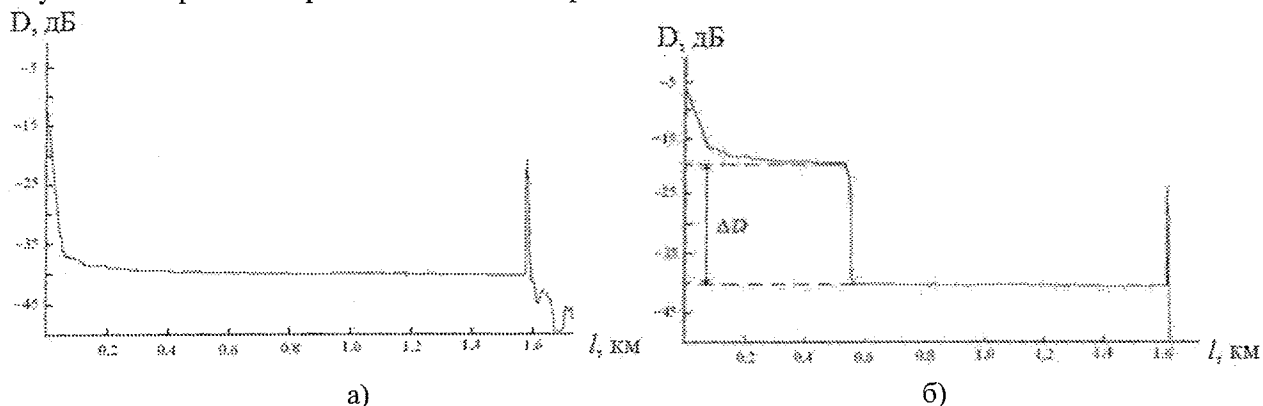


Рис. 2. Типичные рефлектограммы оптического волокна:
а – без макроизгиба; б – с макроизгибом диаметром $d_M = 10$ мм

Такое поведение оптических волокон связано с зависимостью величины затухания мощности оптического излучения в области макроизгиба от длины волны оптического излучения и диаметра макроизгиба. Это подтверждается данными, приведенными и в таблице 1, и графиками зависимостей, представленных на рисунке 3.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований макроизгибов для $d_M \leq 15$ мм

Тип оптического волокна	Длина волны оптического излучения, нм			
	1310	1490	1550	1625
	Затухания мощности оптического излучения на макроизгибе (α), дБ			
G652	0,5	3,0	3,6	5,5
G655	3,5	5,4	5,9	9,6
G657	0,2	1,2	3,2	5,3

На рисунке 3 приведены зависимости затухания оптического излучения в области макроизгиба от диаметра макроизгиба для волокна G655. Для других типов оптического волокна эти зависимости были аналогичными. Для длин волн оптического излучения 1310 и 1490 нм при $d_M \geq 20$ мм значение α практически не изменялось. При длинах волн 1550 и 1625 нм и $d_M \geq 20$ мм значение α не превышало 0,1 дБ для всех исследуемых типов волокон и при увеличении d_M от 20 до 60 мм величина α уменьшается. При $d_M \geq 60$ мм это уменьшение прекращается и макроизгиб перестает вносить затухание в мощность оптического излучения, распространяющегося по оптическому волокну.

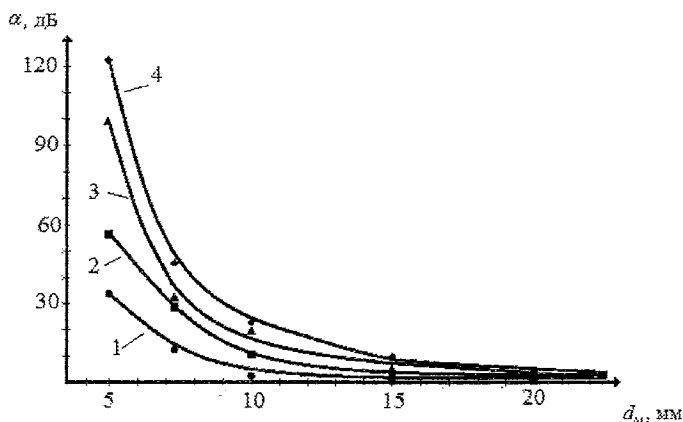


Рис. 3. Типичная зависимость затухания оптического излучения в оптическом волокне от диаметра макроизгиба:
1 – длина волны 1310 нм; 2 – 1490 нм; 3 – 1550 нм; 4 – 1625 нм.

Длительность импульса 3 нс рефлектометра была выбрана минимальная, отметим, что чем меньше длительность импульса, тем меньше расстояния между двумя макроизгибами, при котором по рефлектограмме их можно отличить один от другого. На рисунке 4 представлена типичная рефлектограмма оптического волокна с двумя макроизгибами, минимальное расстояние между макроизгибами Δ , которое удалось зафиксировать на рефлектограмме, составляло 2,2 м.

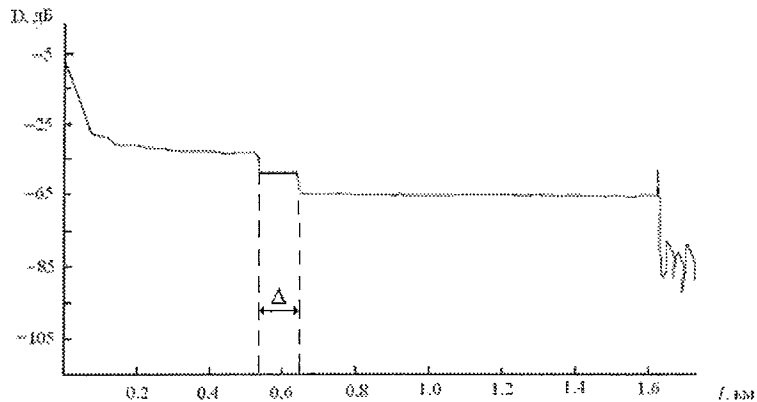


Рис. 4. Рефлектограмма оптического волокна с двумя макроизгибами:
 Δ – расстояние между макроизгибами

Проведенные исследования показывают возможность создания мультидатчика на основе оптического волокна, состоящего из нескольких макроизгибов, состояние которых фиксируется рефлектометром. Количество чувствительных элементов (макроизгибов) мультидатчика определяется динамическим диапазоном рефлектометра, размерами макроизгиба и длиной волоконно-оптической линии до мультидатчика.

Литература

- [1]. Бутусов М.М. Волоконная оптика и приборостроение/М.М.Бутусов, С.Л.Галкин, С.П.Оробинский, Б.П. Пал. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1987, 328 с.
- [2]. Куликов А.В. Волоконно-оптическая система охраны периметра на Брэгговских решетках, как перспективный метод мониторинга безопасности объекта // Ползуновский альманах. - №2, 2010, с. 274-278.
- [3]. Куликов А. Обзор волоконно-оптических систем охраны периметра/А. Куликов, А. Игнатъев// Алгоритмы безопасности журнал. - №4, 2010, с. 56-61.