

Нестандартизированное оборудование для изготовления волоконно-оптических преобразователей угловых перемещений

Ольга Юрова, Инна Назарова, Мария Мышева,
Татьяна Мурашкина, Дмитрий Серебряков (г. Пенза)

В статье описана установка для экспериментального исследования дифференциального волоконно-оптического преобразователя угловых перемещений отражательного типа, реализующего дифференциальную схему преобразования оптических сигналов, а также оптический тестер с программируемым микроконтроллером. Приведены результаты юстировки датчиков. Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки в форме гранта.

В работе [1] предложено новое решение дифференциального волоконно-оптического преобразователя угловых перемещений (ВОПУП), который является базовым элементом волоконно-оптических датчиков (ВОД) ускорений, силы, давления и других физических величин (ФВ). Устройство преобразует изменение угла наклона отражающих поверхностей модулирующего элемента (МЭ) в изменение интенсивности светового потока.

Оптическая схема дифференциального ВОПУП имеет конструктивно-технологические параметры, которые обеспечивают выполнение следующих требований:

1) в отсутствие воздействия измеряемой ФВ световое излучение, выходящее из торцов подводящих оптических волокон (ОВ) первого и второго измерительных каналов (ПОВ1 и ПОВ2), после отражения от зеркальных поверхностей МЭ должно

распределяться таким образом, чтобы площадь перекрытия светового пятна и приёмных торцов отводящих оптических волокон (ООВ1 и ООВ2) была равна половине площади приёмных торцов волокон;

2) под воздействием ФВ на МЭ должно происходить его угловое перемещение на угол α и, соответственно, изменение площади перекрытия светового пятна и приёмных торцов ООВ1 и ООВ2;

3) отклонение МЭ на максимальный угол (3°) вправо приводит к полному перекрытию площади приёмного торца ООВ1 отражённым от МЭ световым потоком, при этом на приёмный торец ООВ2 световой поток не поступает. Аналогичные процессы происходят при отклонении МЭ на максимальный угол (3°) влево [1].

Для достижения высоких метрологических характеристик необходимо на стадии сборки ВОПУП обеспечить

оптимальные конструктивно-технологические параметры оптической системы, что достигается, в первую очередь, процедурами юстировки и регулировки оптических элементов ВОПУП. Расчётным путём определено, что при диаметре сердцевинны ОВ $d_c = 0,2$ мм, внешнем диаметре $d_{об} = 0,5$ мм и апертурном угле $\theta_{НА} = 12^\circ$ МЭ должен быть шириной 3 мм, толщиной 0,2 мм и длиной 20 мм. При сборке оптической системы необходимо задать начальное расстояние между МЭ и общим торцом рабочего жгута ОВ $x_0 = 1,5$ мм [1].

Для снижения материальных и временных затрат на проведение юстировки и регулировки оптической системы предложено использовать установки для воспроизведения угловых перемещений (УВУП) (рис. 1).

УВУП содержит рабочий жгут ПОВ и ООВ 7, общий торец которых закреплён во втулке 4 на расстоянии x_0 от отражающей поверхности отражателя 1. МЭ, имеющий зеркально отполированные внешние поверхности, крепится в державку 6, которая имеет возможность передвигаться в четырёх направлениях относительно основания стойки 3. Микрометрический двухшкальный механизм 2 закрепляется в стойке 3 и закрепляется двумя винтами. Имитатор перемещения 5 установлен во втулке микрометрического винта.

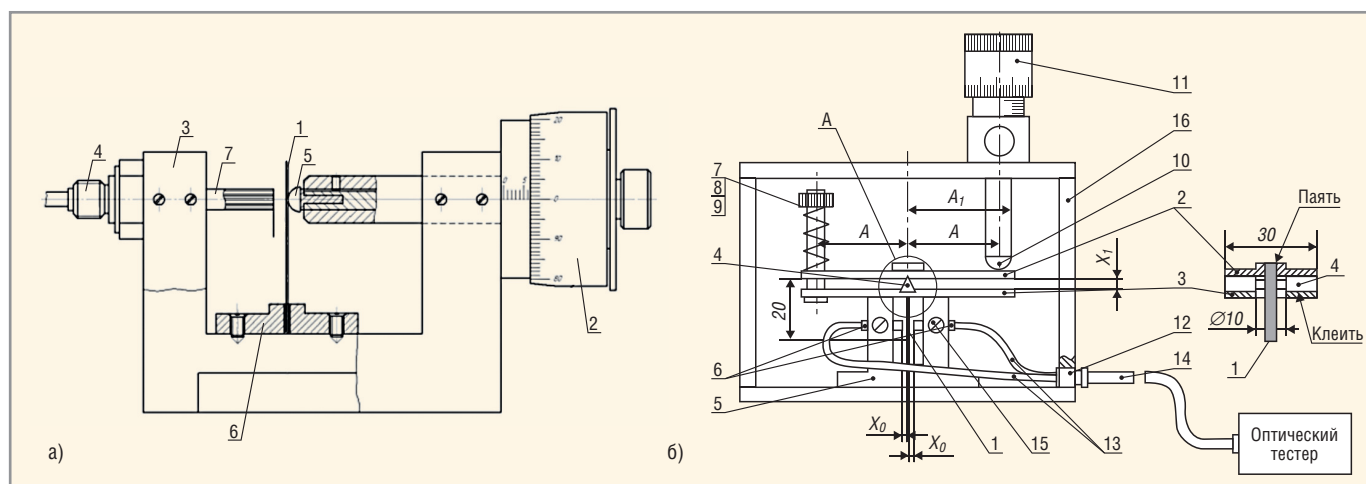


Рис. 1. Установки для задания углового перемещения

а) не реализующая дифференциальную оптическую схему, б) реализующая дифференциальную оптическую схему

Соответствие линейного перемещения угловому перемещению

H , мкм	0	0,261	0,525	0,768	1,047	1,308	1,569	1,83	2,094	2,355	2,616
α , град	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

Перемещение имитатора 5 влево даст угловое перемещение МЭ относительно оси ОZ на угол α и выполнение условий 2 и 3. Далее происходит преобразование выходного сигнала в стандартный сигнал, который снимается с оптического тестера.

Для обеспечения дифференциального преобразования оптических сигналов разработана УВУП, реализующая дифференциальную оптическую схему (см. рис. 16). Установка содержит жгут ПОВ и ООВ 13, рабочие торцы 12 которых закреплены в наконечниках 6, фиксируемых винтами 15 в стойке 5 симметрично относительно МЭ 1, имеющего зеркально отполированные внешние поверхности. Модулирующий элемент жёстко закреплён в державке 2 при помощи пайки.

Угол задаётся с помощью системы, в которую входят: двухшкальный механизм 11 микрометрического винта, имеющий сферический наконечник 10, винт-стойка 7, регулировочная гайка 8, пружина 9, державка 2, расположенная на расстоянии x_1 относительно основания 3, и шарнир 4. Последний выполнен в виде призмы из искусственного рубина и приклеен к основанию 3. Двухшкальный механизм 11 установлен в крышке корпуса 16. Для микрометрического винта необходимо выполнить сопоставление перемещений в микронах (H) с отклонением от вертикали в градусах (α) (см. таблицу).

Конструкция установки обеспечивает воспроизведение угловых перемещений МЭ в диапазоне $\pm 5^\circ$ в обе стороны от вертикального положения.

При установке МЭ 1 в державку 2 необходимо обеспечить строгую перпендикулярность их плоскостей и параллельность отражающих плоскостей МЭ и оси качания державки. Для этого установка МЭ в державку выполняется с помощью специально изготовленного приспособления – кондуктора. Чтобы обеспечить начальное расстояние $x_0 = 1,5$ мм [1], необходимо установить с обеих сторон МЭ однозначные меры в виде пластины толщиной 1,5 мм и подвести к ним вплотную наконечники с ОВ. При этом выходные сигналы фотодиодов, пристыкованных к ООВ, должны быть минимальными. Это положение МЭ определяет точку отсчёта при измерениях.

С помощью двухшкального механизма 11 задаётся угловое перемещение МЭ. Пружина сжатия 9, установленная на расстоянии A от центра державки 2, препятствует свободному перемещению её противоположного конца. В нулевом положении – при отсутствии угла наклона МЭ – лучи света от ПОВ1 и ПОВ2 под углом $\theta_{\text{НА}}$ к оптической оси волокна проходят в прямом направлении путь x_0 до отражающей плоскости МЭ и путь x_0 в обратном направлении к ООВ1 и ООВ2. При этом в плоскости приёмных торцов ООВ1 и ООВ2 наблюдается освещённая кольцевая зона шириной $b = 0,5d_c$.

Подпружиненная державка с МЭ в центре отклоняется системой на угол α в одну или другую сторону относительно нулевого положения, изменяя световые потоки, падающие на плоскости торцов ООВ1 и ООВ2 после отражения зеркальными поверхностями МЭ. В оптическом тестере происходит преобразование выходного оптического сигнала в токовый сигнал (рис.2).

Оптический тестер содержит инфракрасный светодиод типа 3Л107Б с регулируемой мощностью излучения, два фотодиода с усилителями (для реализации дифференциальной схемы), блок обработки информации программируемый микроконтроллер, цифровой индикатор и блок питания. На передней панели тестера расположены три кнопки: первая

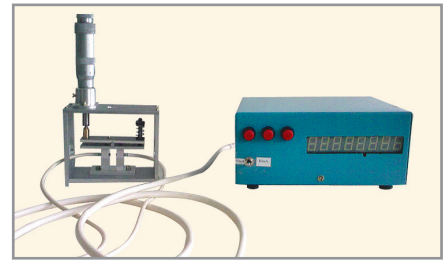


Рис. 2. Фотография УВУП с оптическим тестером



Рис. 3. Графические зависимости фототока от перемещения микровинта

$0^\circ < \alpha < 5^\circ$ в обе стороны от вертикали

кнопка позволяет скомпенсировать начальные напряжения смещения фотоприёмных каналов («Уст. 0 »); второй кнопкой выбирают режим обработки информации; третья кнопка выключает отображение номера выбранного режима. На рисунке 3 представлены результаты юстировки оптической системы ВОУП в составе ВОД ускорений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадеева Е.А., Шевелев А.С., Юрова О.В., Макаров Ю. Дифференциальный волоконно-оптический преобразователь угловых перемещений. Современная электроника. 2010. № 8. С. 32–34.

