

УДК 628.34.601.57

СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ДИСКРЕТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННЫХ И ПОЛЫХ СВЕТОВОДОВ

Ю.Г. Шипулин, д.т.н., проф., ТГТУ

С.Н. Мейлиев, ассистент ҚМИИ

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы состояния и развития оптоэлектронных дискретных преобразователей перемещений на основе волоконных и полых световодов. Приведена классификация по принципу действия, конструктивному признаку и функциональному назначению.

***Ключевые слова:** оптоэлектронные дискретные преобразователи, световоды.*

THE STATUS AND DEVELOPMENT OF OPTOELECTRONIC DISCRETE DISPLACEMENT CONVERTERS BASED ON THE FIBER AND HOLLOW LIGHT GUIDE

ABSTRACT

In the article the questions of status and development of optoelectronic discrete displacement converters based on the fiber and hollow light guide are considered. The classification by the principle of action, design feature and functional purpose is given.

***Keywords:** optoelectronic discrete converters, light guides.*

ВВЕДЕНИЕ

Развитие систем контроля и управления в различных областях промышленности и сельского хозяйства приводит к росту потребности в дискретных датчиках и преобразователях для измерения давления, перемещения, уровня, расхода жидкостей и контроля и учета штучных изделий и товаров на конвейерных линиях и многих других технологических величин.

Среди существующих преобразователей, основанных на различных физических принципах действия (электромагнитные, тепловые, емкостные, ультразвуковые, электромеханические, радиоактивные и другие), оптоэлектронные дискретные преобразователи на основе волоконных и полых

световодов (ОДПВ) имеют ряд преимуществ, основными достоинствами которых являются: большая разрешающая способность, высокая точность и быстродействие, широкий диапазон и номенклатура преобразуемых величин, возможность осуществления сканирующего режима преобразования и простота стыковки с ЭВМ, идеальная гальваническая развязка входа от выхода и другие. Кроме того оптоэлектронные дискретные преобразователи весьма технологичны в изготовлении и могут иметь невысокую стоимость.

На рис. 1 приведена схема оптоэлектронного дискретного преобразователя, в общем случае состоящего из источника излучения (ИИ), оптического канала (ОК), приемника излучения (ПИ) и измерительной схемы (ИС).

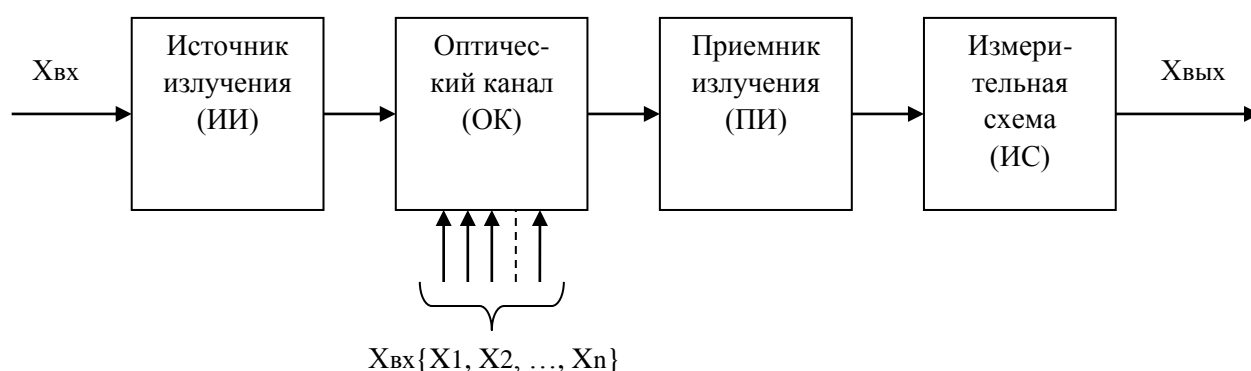


Рис. 1. Схема оптоэлектронного дискретного преобразователя

Интенсивно развиваются дискретные оптоэлектронные преобразователи, в которых выходной сигнал $X_{\text{вых}}$ формируется в результате воздействия входного дискретного воздействия на излучение, которое распространяется в световоде (оптическом канале) от источника ИИ к приемнику ПИ (рис. 1). По существу световой поток от ИИ к ПИ подвергается дискретному воздействию (модуляции) со стороны контролируемой величины или параметра.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Дискретные оптоэлектронные преобразователи основаны на известных оптических явлениях: отражения, поглощения, преломления, полном внутреннем отражении и другие. Для оптоэлектронных дискретных преобразователей в настоящее время выпускаются многочисленные типы источников и приемников излучения. Разнообразны также в зависимости от типов ИИ и ПИ измерительные схемы оптоэлектронных дискретных преобразователей. В качестве оптических каналов могут быть использованы как газовые, жидкостные и другие оптически прозрачные твердые тела, так и

специальные световоды, в том числе полые и волоконные. Именно световоды во многом определяют конструктивное многообразие и метрологические возможности оптоэлектронных дискретных преобразователей. А также именно световоды в основном определяют метрологические возможности оптоэлектронных дискретных преобразователей (датчиков): давления, температуры, шероховатости материалов, уровня жидкостей, скорости вращения тел, углов наклона объектов, линейных и угловых перемещений, цветности, вибрации, веса, состава и концентрации и другие.

Бесконтактность измерения, быстродействие, высокая точность и надежность, а также экономичность выгодно отличают ОДПВ от других дискретных преобразователей.

На рис.2 показан ряд устройств на основе ОДПВ, выходные сигналы которых в дискретной форме (в виде импульсов тока $I_{вых}$ или напряжения $U_{вых}$) связаны со скоростью вращения ω , углом наклона φ и уровня жидкостей H .

На рис. 2, а. изображен ОДПВ скорости вращения [1], содержащий полый световод 1, сосредоточенный источник излучения 2, кольцевой приемник излучения 3, диск 4 со светлыми 5 и темными 6 полосами, ось вращения диска 7.

На рис. 2, б изображен преобразователь угла наклона [2] на основе ОДПВ, содержащий полый световод 1, источник излучения 2, тепловой экран 3, фокусирующую линзу 4, защитное стекло 5, полудисковый оптический экран 6, свободно подвешанный на оси 8 круглого основания 7, в котором на нижнем полукруге установлены в четверть круговых секторах по дугам входные торцы двух групп отводящих волоконных световодов 9 и 10, выходные торцы которых уложены вдоль двух дугообразных шкал делениями в градусах – φ и $+\varphi$ на полудисковом экране для визуального отображения угла наклона объекта: в левую сторону – φ , а в правую сторону $+\varphi$. Предварительно ОДПВ устанавливается на контролируемый объект.

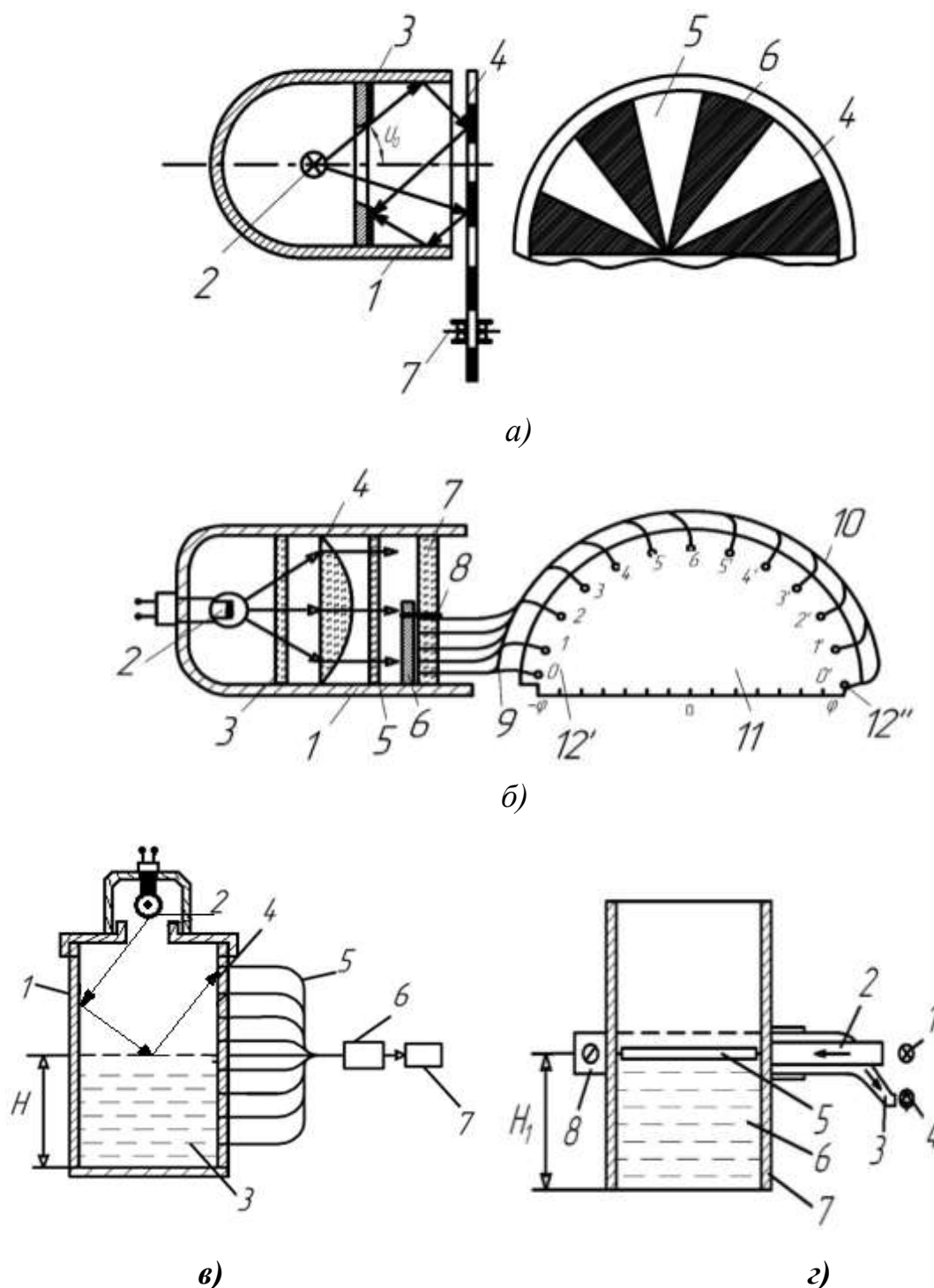


Рис.2. Физические модели ОДПВ.

а) ОДПВ скорости вращения; б) ОДПВ угла наклона; в, г) ОДПВ уровня жидкостей

В ОДПВ уровня жидкости (рис.2, в) в верхнем торце полого световода 1 расположен неподвижный источник излучения 2, а роль подвижного внешнего модулирующего тела (ВМТ) выполняет светоотражающая поверхность уровня

жидкости, при перемещении которой изменяется распределения светового потока Φ_0 , вдоль полого световода 1. Данный полый световод имеет продольную оптическую щель 4, вдоль которой размещены входные торцы отводящих световой поток волоконных световодов 5, выходные торцы которых оптически соединены с матрицей приемников излучение 6 и далее со схемой обработки сигналов 7.

ОДПВ уровня жидкостей изображенный на рис.2, 2 содержит: источник излучения 1, подводный волоконный световод 2, отводящий световой поток волоконный световод 3, приемник излучения 4, цилиндрический поплавок 5, жидкость 6 с уровнем H , уровнемерную трубку 7, хомут для крепление ОДПВ с винтом 8.

Формально-логическое описание функции ОДПВ используя положения системного анализа можно описать их структуры и функции кортежем, состоящим из пяти компонент:

$$f=(D,P,H,S,U) \quad (1)$$

где: D – принцип построения преобразователя;

P – объект, который контролируется;

H – начальное и конечное значения контролируемого параметра объекта;

S – метод выполнения действия преобразователя;

U – условия окружающей среды преобразователя.

Для формально – логического описания структур ОДПВ следует выделить следующие конструктивные элементы: ИИ – источники излучения; ПИ – приемники излучения; СВ – световоды; ПМЭ – подвижные модулирующие элементы; ИС – измерительные схемы.

В общем случае можно представить множество элементов ОДПВ в виде

$$\{МЭ\} = \{ИИ, ПИ, СВ, ПМЭ, ИС\} \quad (2)$$

можно также показать, что каждый элемент характеризуется множеством:

$$\{ИИ\} = \{ЛН, СД, ЛЛ, ЛАЗ, ЛД, ГР\}, \quad (3)$$

где: ЛН – лампочка накаливания; СД – световодиод; ЛЛ – люминесцентная лампа; ЛАЗ – лазер; ЛД – лазерный диод; ГР – газоразрядный источник.

$$\{ПИ\} = \{ФД, ФР, ФТ, ФС, МФ\}, \quad (4)$$

где: ФД – фотодиоды; ФР – фоторезисторы; ФТ – фототранзисторы; ФС – фотоселикторы; МФ – матричные фотопреобразователи.

$$\{СВ\} = \{ПС, ПВС, ОВС, ВСК\}, \quad (5)$$

где: ПС – полый световод; ПВС – подводный волоконный световод; ОВС – отводящий волоконный световод; ВСК – волоконный световод в виде кабеля (жгута).

$$\{\text{ПМЭ}\} = \{\text{ПОЭ}, \text{ПИИ}, \text{ППИ}, \text{ППС}, \text{ПВС}, \text{ПСШ}\}, \quad (6)$$

где: ПОЭ – подвижный оптический экран; ППИ – подвижный источник излучения; ППС – подвижный полый световод; ПВС – подвижный волоконный световод; ПСШ – подвижный светоотражающий шар.

$$\{\text{ИС}\} = \{\text{ДС}, \text{МС}, \text{ДСОУ}, \text{МСОУ}, \text{СМП}\}, \quad (7)$$

где: ДС – делительная схема; МС – мостовая схема; ДСОУ – делительная схема с операционным усилителем; ДФС – дифференциальная схема; СМП – измерительная схема с микропроцессором.

К указанным элементам следует добавить оптические элементы {ОЭ}, которые существенно расширяют функциональные возможности:

$$\{\text{ОЭ}\} = \{\text{ЛЗ}, \text{РФ}, \text{ДМ}, \text{ОО}, \text{ОС}, \text{ОК}\}, \quad (8)$$

где: ЛЗ – линза; РФ – рефлектор; ДМ – диафрагма; ОО – оптические ответвители; ОС – оптические соединители; ОК – оптический клин.

Множество вариантов конструкции ОДПВ определяется взаимодействием указанных основных элементов. Различные сочетания множеств {ИИ}, {ЛИ}, {СВ}, {ПМЭ} и {ИС} дает тот или иной принцип создания ОДПВ, что позволяет разработать весьма большое число новых конструкций ОДПВ. Проанализируем их принципы построения.

По конструктивному признаку рассматриваемые ОДПВ делятся в зависимости от типа световода: с полыми и волоконными световодами. В свою очередь полые световоды могут быть выполнены из оптически прозрачных и непрозрачных материалов, имеющих различные коэффициенты поглощения, отражения и пропускания света с зеркальной внутренней поверхностью, с различными формами и размерами, а волоконные световоды также могут быть различными по конструктивному изготовлению: одномодовые, многомодовые, одиночные световоды; световоды в виде жгутов; коаксиальные световоды и другие.

Принцип действия большинства ОДПВ основывается на зависимости между входными и выходными величинами за счет распределения светового потока от источника к приемнику излучения при продольных и поперечных перемещениях различных внешних модулирующих тел (ВМТ). В ОДПВ можно выделить следующие ВМТ: плоские (пластины, диски, ленты), шарообразные, цилиндрические, поверхности жидкостей и твердых тел.

По функциональному назначению ОДПВ могут быть разделены на преобразователи линейных и угловых перемещений, уровня жидкости, давления, скорости вращения, шероховатости, температуры, цветности и другие. Источники излучения, используемые в ОДПВ, весьма разнообразны и также определяют тип конструкций ОДПВ. Источники излучения можно подразделять на сосредоточенные (точечные), распределенные продольно или поперечно оси световодов. Аналогично могут быть классифицированы приемники излучения. Следует указать, что распределенные на входном торце световодов источники излучения, как правило, получаются сочетанием сосредоточенного источника излучения с линзой. Анализ существующих конструкций ОДПВ и результатов исследований показывает, что для разработки конструкций ОДПВ на основе полых световодов наиболее эффективными являются кольцевые приемники излучения, установленные на входном торце полого световода, и которые одновременно выполняют роль диафрагмы. А для разработки конструкций ОДПВ на основе волоконных световодов весьма перспективными являются коаксиальные световоды, у которых подводный волоконный световод охвачен снаружи отводящим волоконным световодом.

С учетом вышеизложенного, ниже на рис.3 и рис.4 приведены классификации ОДПВ по типам продольно и поперечно перемещающихся ВМТ при сосредоточенных и распределенных в источниках излучения.

На рис.3 приведена классификация рефлективных ОДПВ по типу продольно перемещающихся ВМТ при сосредоточенном источнике излучения.

В конструкциях рефлективных ОДПВ по типу поперечных перемещающихся ВМТ при сосредоточенных источниках излучения (рис.4) при поперечных перемещениях ВМТ по координате “у” изменяется площадь светоотражающей поверхности ВМТ (пластины, шара, цилиндра и световых и темных полос) на поверхности ленты или диска.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из анализа существующих конструкций ОДПВ можно сделать следующие выводы:

1) Характерными признаками рассматриваемых ОДПВ для конструкций на основе полых световодов являются: наличие на входном торце полого световода, последовательно установленных по оси полого световода сосредоточенного источника излучения и кольцевого приемника излучения,

который одновременно выполняет роль диафрагмы и своей светочувствительной поверхностью обращен во внутрь полости полого световода для восприятия светового потока от различных ВМТ по принципу действия перемещающихся продольно или поперечно оси световода.

2) Характерными признаками ОДПВ на основе волоконных световодов являются: наличие на входном торце волоконного подводящего световода, сопряженного с ним сосредоточенного источника излучения, и коаксиально расположенного с подводящим световодом отводящего волоконного световода, что создает осе-симметричное распределение эффективной освещенности торца отводящего световода световым потоком, отраженным от ВМТ, при этом выходной торец подводящего волоконного световода несколько отодвинут от торцов отводящего волоконного световода, что устраняет фоновую засветку и создает необходимую индикатрису излучения от подводящего волоконного световода.

3) Общими характерными признаками для рассматриваемых ОДПВ являются наличие подвижных (в продольном или поперечном направлениях) ВМТ, в качестве которых наиболее часто в конструкциях ОДПВ используются плоское тело, шарообразная и цилиндрическая форма тела, а также поверхности уровня жидкости в ОДПВ для контроля уровня жидкости.

4) Для ОДПВ, основанных на явлении прерывания светового потока, характерным является наличие распределенного на торце полых или волоконных световодов светового потока и поперечно перемещающихся ВМТ, в качестве которых используются плоские, шарообразные и цилиндрические тела, а также линейка, лента и диски с отверстиями.

REFERENCES

1. Азимов Р.К., Шипулин Ю.Г. «Оптоэлектронные преобразователи больших перемещений на основе полых световодов». М.: Энергоатомиздат, 1987. -105 с.
2. Азимов Р.К., Шипулин Ш.Ю., Холматов У.С., Абдуллаев Т.А., Исмоилов Х.А. «Морфологический метод структурного проектирования оптоэлектронных преобразователей на основе полых и волоконных световодов (ОЭПВС)». // «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении». III Международная научно-практическая конференция, 3-секция.- Андижан.- 2016.- С.15-19.