

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Назарбаева Барно Асатовна

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Шейна Наталья Евгеньевна

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7370618>

Аннотация: В статье рассмотрен принцип построения оптоэлектронных элементов подразделенных на две большие группы преобразователей, в основу которых положено свойство прозрачных жидкостей газов и твердых тел, которые поглощают проходящий через них световой поток в зависимости от длины волны потока излучения, толщины слоя и состава контролируемого вещества.

Ключевые слова: Оптоэлектронные источники и приемники излучения, световод, экран, световой поток, погрешность.

OPTOELECTRONIC ELEMENTS OF MEASURING DEVICES

Abstract: The article considers the principle of constructing optoelectronic elements divided into two large groups of converters, which are based on the property of transparent liquids, gases and solids that absorb the light flux passing through them, depending on the wavelength of the radiation flux, the thickness of the layer and the composition of the controlled substance.

Keywords: Optoelectronic radiation sources and receivers, light guide, screen, luminous flux, error.

Принципы построения оптоэлектронных элементов (ОЭ)

Существующие конструкции ОЭ можно подразделить на две большие группы: преобразователи на основе измерения оптических параметров с подвижными элементами и преобразователи на основе изменения оптических свойств среды.

Рассматриваемые первичные преобразователи применяются для получения информации как о перемещении, так и о других параметрах жидкостей, газов и различных твердых тел. В основу принципа их действия положено свойство прозрачных жидкостей газов и твердых тел поглощать проходящий через них световой поток в зависимости от длины волны потока излучения, толщины слоя и состава контролируемого вещества [1,2]

Наиболее простая конструкция преобразователя представлена на рис.1а. Световой поток от источника излучения 1 проходит через светофильтр 2, объектив 3 и полый световод камеру с контролируемым веществом и попадает на приемник излучения 5. Так как расстояние между источником 1 и приемником излучения 5 неизменное, то световой поток, попадающий на приемник излучения, зависит от степени поглощения потока веществом, заполняющим полость световода 4.

На рис.1б. приведена дифференциальная схема преобразователя, пригодная для контроля концентрации и мутности растворов Е. Световой поток от источника излучения 1 делится на два потока зеркалами 2 и 8. В измерительном канале поток от зеркала 2 проходит в линзу 3, рабочую камеру с жидкостью 4, линзу 5, диафрагму 6 и попадает на приемник излучения 7. По сравнительному каналу поток от зеркала 8 проходит линзу 9, сравнительную камеру с известной жидкостью 10, линзу 11, диафрагму 12 и попадает на приемник излучения 13. В качестве приемников излучения могут быть использованы

фоторезисторы, фототранзисторы и другие, включенные в мостовые или другие измерительные схемы.

Преобразователь, представленный в рис 1. может быть использован для получения информации о плотности дымовых газов γ . На выходе дымовых газов через центр трубы 4, перпендикулярно трубе, помещен цилиндрический световод, в котором имеются отверстия для прохода газов. На переднем торце световода по оси установлен источник излучения 1 и теплозащитное стекло 3, на задней торцевой части установлены защитное стекло 5, линза б и приемник излучения 7. При увеличении плотности дыма освещенность приемника излучения падает из-за ослабления светового потока и на выходе измерительной схемы появляется сигнал о величине плотности дыма. [3]

Распределение светового потока в элементе

Распределение светового потока $\Phi_0(x)$ состоит из прямого светового потока $\Phi_{np}(x)$ и отраженного светового потока $\Phi_{отр}(x)$.

Для распределения прямого потока вдоль полого световода находится выражение:

$$\Phi_{np}(x) = I\Omega e^{-k_x x} = I \frac{S}{x^2} e^{-k_x x} \quad (1)$$

Несколько сложнее стоит вопрос определения отраженного светового потока $\Phi_{отр}(x)$ и потока $\Phi_{прош}(x)$ прошедшего через стенку (или поглощенного внутренней стенкой).

И так считаем, что источник излучения является точечным, помещен на оси и дает пучок лучей с малой апертурой.

Рассмотрим прохождение по полому световоду длиной L одного луча из этого пучка. Длина пути луча, вошедшего в световод под углом u к оси, равна:

$$L_n = \frac{L}{\cos u}; \quad n = \frac{L}{D} \operatorname{tg} u \quad (2)$$

Число отражений такого луча частично поглощается стенкой или проходит через стенку полого световода. Если принять за β коэффициент отражения от стенки полого световода, то $(1-\beta)$ будет определять часть световой энергии, поглощенной или прошедшей через стенку полого световода.

В общем случае величина β является функцией угла падения лучей, однако, учет этой зависимости существенно усложняет расчет и поэтому в дальнейшем вводится его расчетное значение (7).

Полный световой поток, распространяющийся в полом световоде характеризуется входным телесным углом $\Omega_{вх}$,

$$\Phi_{\Sigma}(x) = I \int_0^{\Omega_{вх}} d\Omega \quad (3)$$

и состоит как было показано выше из прямого и отраженного потоков.

На рисунке 1, мной показан принцип построения оптоэлектронных измерений.

Таким образом, исходящий из СИИ поток равен

$$\Phi_{\Sigma}(x) = I \left[\int_0^{\Omega_{вх}} d\Omega + \int_{\Omega_x}^{\Omega_{вх}} d\Omega \right]_1 \quad (4)$$

Следовательно, падающий (до отражения) на внутреннюю поверхность стенки полого световода световой поток определяется из выражения

$$\Phi_{\text{пад}}(x) = I \int_{\Omega_x(x)}^{\Omega_{\text{вх}}(x_0)} d\Omega = I \delta \left(\frac{1}{x_0^2} - \frac{1}{x^2} \right) \quad (5)$$

где, x_0 - начало диапазона перемещений, т.к. для практических конструкций ОПЭС диапазон перемещений начинается не с $x=0$ (что совпадает с местом установки СИИ), а с $x=x_0$, (которое определяется исходя из места установки круговой диафрагмы) [4]

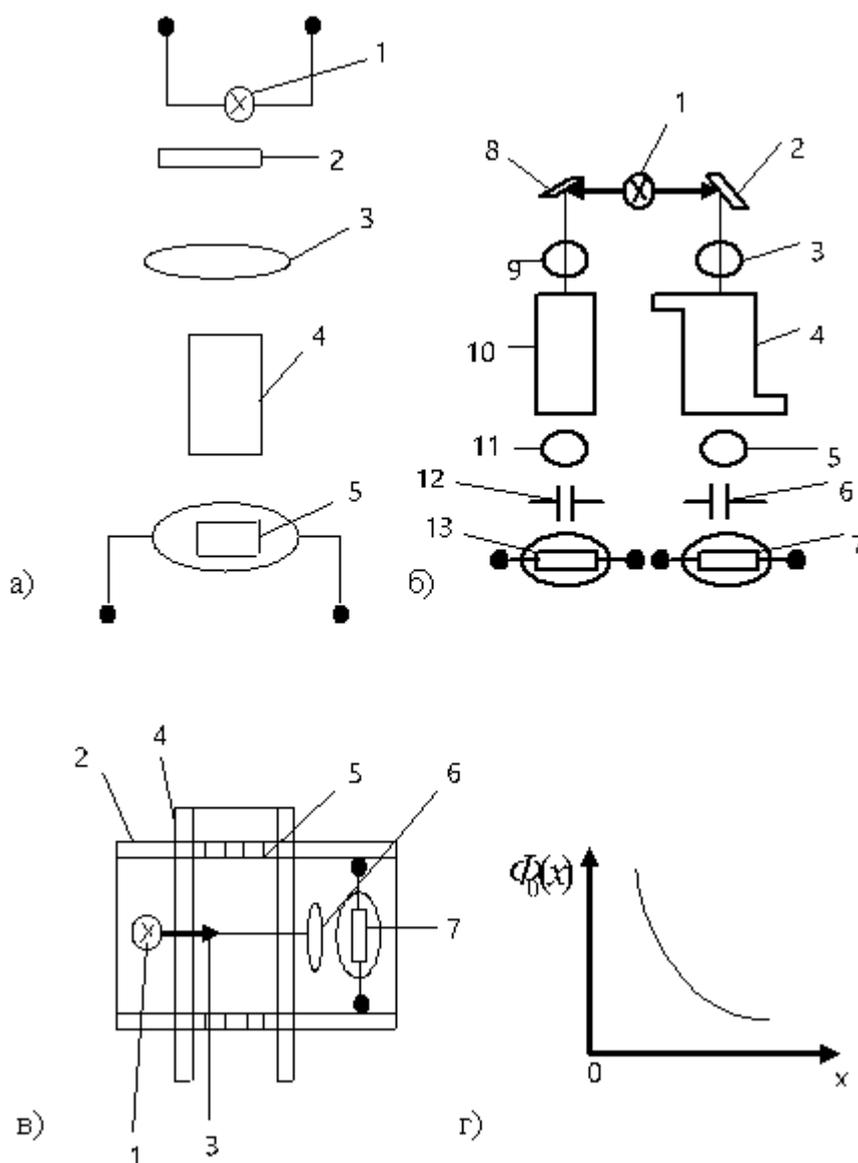


Рис 1. Принципы построения оптоэлектронных элементов (ОЭ)

Достаточно точную для практических расчетов формулу для определения отраженного потока можно получить из выражения

$$\Phi_{\text{от}}(x) = \Phi_{\text{пад}}(x) \beta_p \quad (6)$$

С учетом числа отражений расчетный коэффициент отражения равен:

$$\beta_p = \int_{U_x}^{U_0} \beta \frac{x}{D} \operatorname{tg} U du \quad (7)$$

где, $U_0 = \operatorname{arctg} \frac{D}{2x}$; $U_x = \operatorname{arctg} \frac{D}{2x}$

Распределение потока отраженного от боковой стенки полого световода определяется из выражения:

$$\Phi_{om}(x) = IS \left(\frac{1}{x_0^2} - \frac{1}{x} \right) \int_{U_x}^{U_{x_0}} \beta \frac{x}{D} \operatorname{tg} u du \quad (8)$$

Таким образом, распределение суммарного светового потока, падающего на ПИ, равно:

$$\Phi_{\Sigma}(x) = I \frac{S}{x^2} e^{-k_x x} + IS \left(\frac{1}{x_0^2} - \frac{1}{x} \right) e^{-k_x x} \int_{U_x}^{U_0} \frac{1}{\cos u} du \int_{U_x}^{U_{x_0}} \beta \frac{u}{D} \operatorname{tg} u du \quad (9)$$

где, $\int_{U_x}^{U_0} \frac{1}{\cos u} du$ - учитывает длину пути отраженных лучей и имеет вид графика на

рис. 1.г

Измерительная схема оптоэлектронного элемента

В связи развитием комплексной автоматизации технологических процессов и необходимостью ускоренной автоматической обработки результатов исследований перед измерительной техникой возникают новые задачи [5]. Как было указано оптоэлектронный элемент содержит приемник излучения (фоторезистор, фотодиод и другие), который воспринимает световой поток (его изменение по пути распределения или перемещения подвижного элемента). Как правило основным параметром приемника излучения является сопротивление фоторезистора или фотодиода $R_{фр}$ или $R_{фд}$. Поэтому в качестве измерительной схемы наиболее целесообразно использовать мостовую измерительную схему с выходным напряжением $U_{вых}$.

$$U_{вых} = U_{пм} (R_{фр1} R_3 - R_{фр2} R_4) / ((R_{фр1} + R_3) - (R_{фр2} + R_4)) \quad (10)$$

где: $U_{пм}$ - напряжение питания моста;

$R_{фр1}$, $R_{фр2}$ - сопротивления приёмника излучения;

R_3 , R_4 - постоянные сопротивления плеч моста.

Формула (10) является статической характеристикой оптоэлектронного элемента.

Источники погрешностей оптоэлектронных элементов являются погрешности источника излучения, приемника излучения, световода, измерительной схемы и блока питания. Кроме того, погрешность ОЭ возрастает с измерением температуры окружающей среды и фоновых засветок от посторонних источников света.

REFERENCES

1. Данилов А. Современные цифровые процессоры обработки сигналов. Электронные

- компоненты. Москва 2003. № 4. С. 23–34.
2. www.exproelectronica.ru
 3. Атамаян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. – М.: Дрофа. 2005. 416 с.
 4. Азимов Р.К., Магруппова М.Т., Раджапов М.А. Физические основы элементов измерительных устройств. Ташкент, ТашТТУ, 2014.
 5. Айтбаев Т. А., Абдурахманов А. А., Эшмурадов Д. Э. АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ВЫРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ТЕРМОДАТЧИКУ //Теория и практика современной науки. – 2021. – №. 1. – С. 19-26.