

## ОПТОЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОЗДУХЕ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДАХ

**Мамасадииков Юсупжон**

канд. техн. наук,  
доц. кафедры Электроника и приборостроение,  
Ферганский политехнический институт,  
Республика Узбекистан, г. Фергана  
E-mail: [mamasadikov52@bk.ru](mailto:mamasadikov52@bk.ru)

**Мамасадиикова Зулфия Юсупжановна**

ассистент,  
кафедры Электроника и приборостроение,  
Ферганский политехнический институт,  
Республика Узбекистан, г. Фергана

## OPTOELECTRONIC DEVICE FOR CONTROLLING THE CONCENTRATION OF HYDROCARBONS IN THE AIR ON SEMICONDUCTOR EMITTING DIODES

**Yusupjon Mamasadikov**

Cand of the tech. Sci., Associate Professor  
Department of Electronics and Instrumentation,  
Fergana Polytechnic Institute,  
Uzbekistan, Fergana

**Mamasadikova Zulfiya Yusupjanovna**

Assistant,  
Department of Electronics and Instrumentation,  
Fergana Polytechnic Institute,  
Uzbekistan, Fergana

### АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена актуальная проблема контроля концентрации углеводородов в воздухе. Приведены структурные и временные диаграммы, оптоэлектронного устройства для контроля концентрации углеводородов в воздухе на полупроводниковых излучающих диодах. Изложен принцип действия оптико-электронного устройства для контроля концентрации углеводородов в воздухе с экспоненциальной разверткой. Установлено, что использование импульсного режима с экспоненциальной развертки в оптоэлектронных устройствах для контроля концентрации углеводородов в воздухе на полупроводниковых излучающих диодах позволяет линеаризации выходных характеристик газового анализа.

### ABSTRACT

The article deals with the actual problem of controlling the concentration of hydrocarbons in the air. Structural and timing diagrams of an optoelectronic device for monitoring the concentration of hydrocarbons in air on semiconductor emitting diodes are presented. The principle of operation of an optoelectronic device for monitoring the concentration of hydrocarbons in air with an exponential sweep is stated. It was found that the use of a pulsed exponential sweep mode in optoelectronic devices for monitoring the concentration of hydrocarbons in air on semiconductor emitting diodes allows linearization of the output characteristics of gas analysis.

**Ключевые слова:** Оптоэлектроника, углеводород, концентрация контроль, полупроводник, излучающий диод, приемник излучения, экспонента, поток излучения, длина волна.

**Keywords:** Optoelectronics, hydrocarbon, concentration control, semiconductor, emitting diode, radiation receiver, exponential, radiation flux, wavelength.

**Введение.** На современном этапе развития науки, техники и производства важная роль отводится основным средствам измерения и контроля концентрации примесей в атмосфере. Потребность в разработке новых элементов и приборов по определению концентрации примесей на основе достижений науки и техники испытывают все отрасли промышленности и быта.

Решение задачи по определению и оценки примесей в химической, нефтяной, угольной и ряде других отраслей промышленности, во многом сдерживается из-за отсутствия малогабаритных, быстродействующих и высокочувствительных приборов.

Именно отсутствие высокочувствительных приборов в химической, угольной промышленности и повседневной жизни, зачастую приводит к различным экологическим катастрофам, вплоть до случаев, приводящих к гибели людей.

Применяемые в промышленности и повседневной жизни углеводороды имеют в основном газообразную форму. Одна из важнейших характеристик газов – это поглощение излучения в инфракрасной (ИК) области спектра. Бурное развитие оптоэлектроники и ее элементной базы, а также создание новых, высокоэффективных полупроводниковых источников излучения в ИК-области спектра создают благоприятные предпосылки для разработки высокочувствительных, точных и надежных приборов контроля концентрации углеводородных газов.

Анализ работы оптоэлектронных устройств контроля концентрации углеводородов в воздухе показал, что наиболее перспективными являются оптоэлектронные устройства, основанные на двухволновом методе контроля.

Основными преимуществами оптоэлектронного двухволнового устройства по сравнению с одноволновыми устройствами являются высокая точность контроля за счет исключения неинформативных параметров, таких как запыленность воздуха, влажность и содержание аэрозольных частиц на результате контроля [1].

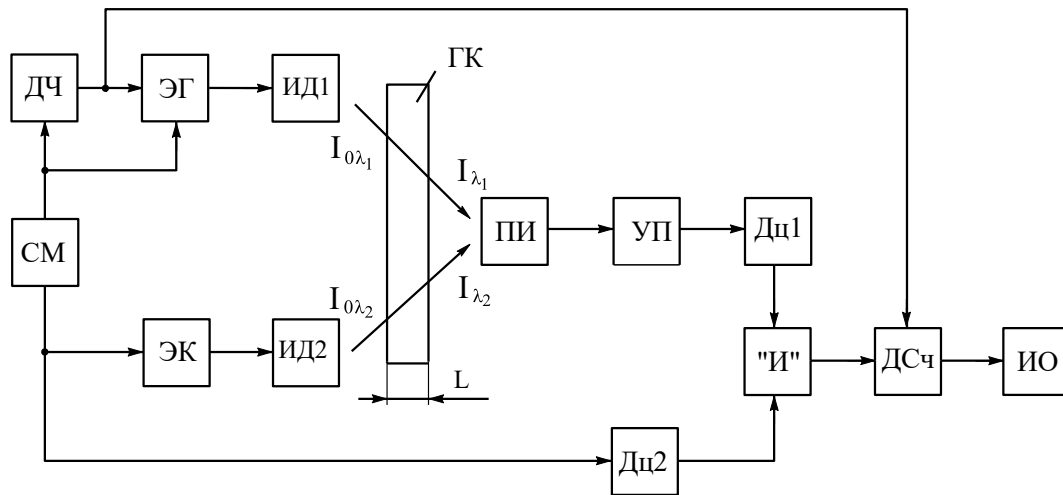
Впервые метод измерения концентраций атмосферных газов, использующий избирательной поглощение газами оптического излучения, предложил Счетлэнд в 1964 г. [2].

Метод заключается в том, что информация о концентрации исследуемого газа извлекается из сравнения двух регистрируемых оптических излучений с разными длинами волн. Длина волны, один из которых лежит в максимуме спектральной полосы поглощения анализируемого газа – измерительная длина волны, а другой – в не полосы поглощения анализируемого газа – опорная длина волны. При этом на измерительном потоке излучения избирательное поглощение анализируемым газом велико, а на опорном – отсутствует. Счетлэнд данный метод назвал методом дифференциального поглощения рассеянной энергии. В литературе применяют также термин «метод двухволнового дифференциального поглощения» или просто «двухволновой метод» [2, 3].

**Основная часть.** Для разработки оптоэлектронного устройства для контроля концентрации углеводородов в воздухе на полупроводниковых излучающих диодах нами были исследованы спектральных характеристик атмосферных составляющих и спектров излучения ИК - излучающих диодов и был выбраны длина волны опорного и измерительного потока излучений. При этом длина волна измерительного потока излучения был выбран  $\lambda_2 = 3,39$  мкм на котором все виды углеводородов имеют максимум поглощения ИК излучение а длина волна опорного потока излучений был выбран  $\lambda_1 = 3,12$  мкм на котором отсутствует полосы поглощения атмосферных составляющих и углеводородов.

Блок схема оптоэлектронного устройства для контроля концентрации углеводородов в воздухе на полупроводниковых излучающих диодах приведено на рис.1.

Здесь: СМ – симметричный мультивибратор; ДЧ – делитель частоты; ЭГ – экспоненциальный генератор; ЭК – электронный ключ; ИД1 – полупроводниковый излучающий диод опорного потока излучения; ИД2 – полупроводниковый излучающий диод измерительного потока излучения; ГК – газовая кювета; ПИ – приемник излучения; У – усилитель переменного тока; Дц1 – первая дифференцирующая цепь; Дц2 – вторая дифференцирующая цепь; “И” – устройства логического умножения; ДСч – десятичный счетчик; ИО – индикатор отображения информации.



**Рисунок 1. Блок - схема оптоэлектронного устройства для контроля концентрации углеводородов в воздухе на полупроводниковых излучающих диодах**

На рис.2. приведено временные диаграммы, поясняющие принцип работы оптоэлектронного устройства для контроля концентрации углеводородов в воздухе на полупроводниковых излучающих диодах.

Оптоэлектронное устройство для контроля концентрации углеводородов в воздухе на полупроводниковых излучающих диодах функционирует следующим образом: Симметричный мультивибратор СМ, генерирует на противофазных выходах последовательность симметричных прямоугольных импульсов с частотой повторением  $f_{CM}$  (рис.2.а). Прямоугольные импульсы с основного выхода симметричного мультивибратора СМ, поступают на вход делителя частоты ДЧ и на его выходе формируется последовательность прямоугольных импульсов (см. рис.2в).

Частота выходного импульса делителя частоты ДЧ определяется как:

$$f_{ДЧ} = f_{CM} / k_{ДЧ}$$

где:  $f_{CM}$  – частота выходного импульса симметричного мультивибратора СМ;  $k_{ДЧ}$  – коэффициент деления делителя частоты ДЧ.

Сформированный на выходе делителя частоты ДЧ прямоугольный импульс (см.рис.2в) поступают на управляющий вход экспоненциального генератора ЭГ, а на его модулирующий вход поступают прямоугольный импульс с основного выхода симметричного мультивибратора (см.рис.2а).

При этом, экспоненциальный генератор запускаются прямоугольным импульсом (см.рис.2в) который воздействуют на его управляющий вход а прямоугольным импульсом (см.рис.2а) который воздействует на его модулирующий вход, модулируется выходной экспоненциальный импульс экспоненциального генератора (см.рис.2 г).

Сформированным на выходе экспоненциального генератора ЭГ импульсным током (см.рис.2г) питается полупроводниковый излучающий диод опорного паточа излучения ИД1 и на его выходе вызывается паток излучения в виде дискретизированного экспоненциального импульса на опорной длине волне.

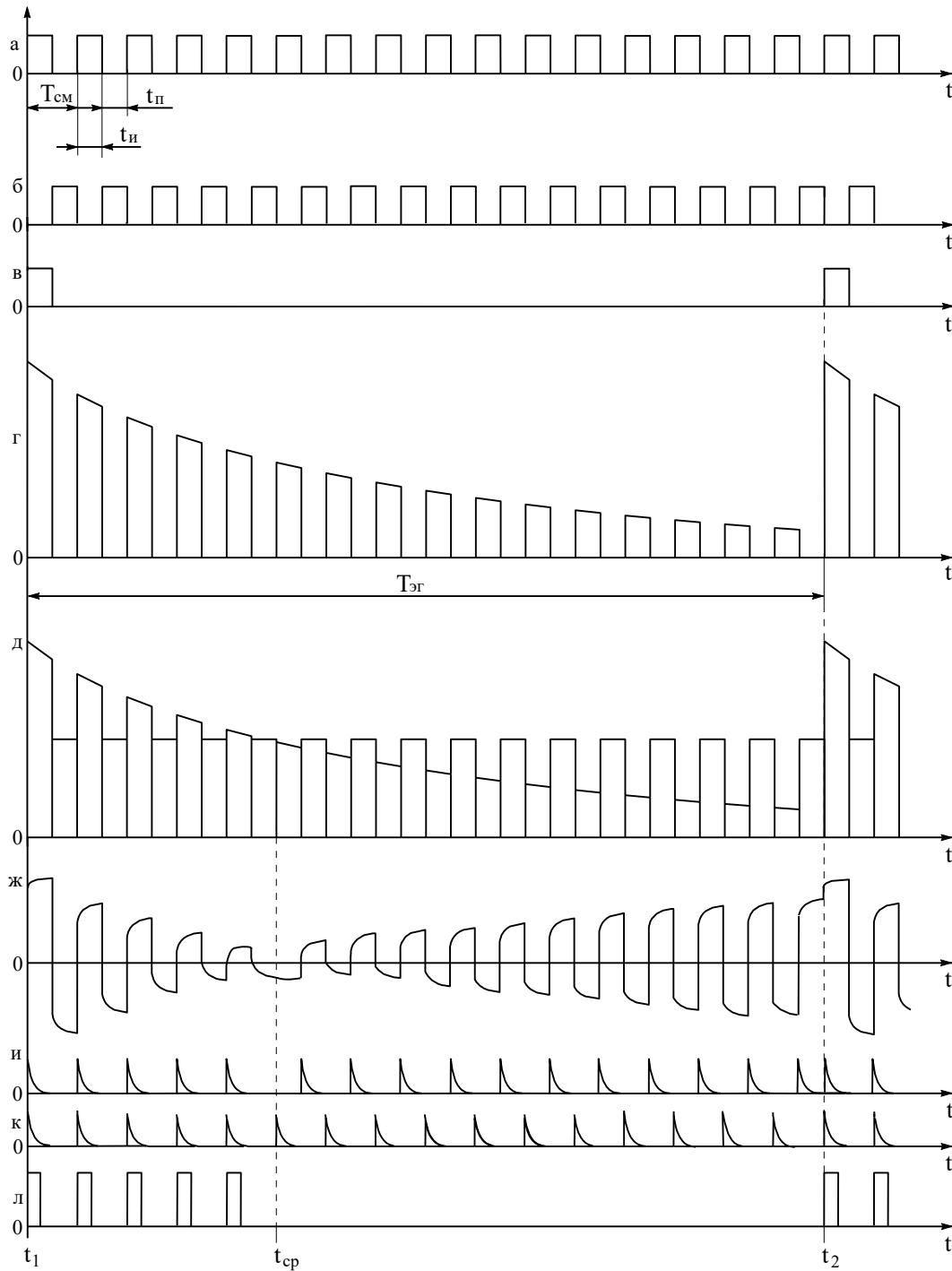
Противофазные прямоугольные импульсы с противофазного выхода симметричного мультивибратора СМ управляет электронного ключа ЭК последний создает импульсный ток через второй полупроводниковой излучающий диод измерительного паточа излучений ИД2 и на выходе последнего вызывается импульсный поток излучения с постоянной амплитудой на измерительной длине волне.

Сформированные противофазные паточки излучение полупроводниковыми излучающими диодами ИД1 и ИД2 поочередно проходят через измерительную газовую кювету и принимается приемником излучений ПИ.

Интенсивность прошедшие через измерительную газовую кювету потоков излучений на опорных и измерительных длинах волне согласно с [4, 5] определяется как:

$$\begin{aligned} I_{\lambda_1} &= I_{0\lambda_1} e^{-k_1 N_1 L} \\ I_{\lambda_2} &= I_{0\lambda_2} e^{-k_1 N_1 L} e^{-k_2 N_2 L} \end{aligned} \quad (1)$$

где:  $N_1$ - общая концентрация газовой составляющие воздуха;  $N_2$ - концентрация углеводорода; L- длина оптической пути в газовой среде;  $K_1$ –коэффициент рассеяния потока излучения газовой среды на опорной длине волне  $\lambda_1$ ;  $K_2$  –коэффициент поглощения потока излучения углеводорода на измерительной длине волне  $\lambda_2$ ;  $I_{0\lambda_1}$  и  $I_{0\lambda_2}$  - интенсивность начальных потоков излучений на опорных и измерительных длинах волн соответственно.



**Рисунок 2. Временные диаграммы оптоэлектронного устройства для контроля концентрации углеводородов в воздухе на полупроводниковых излучающих диодах**

Учитывая, что амплитуда опорного потока излучение во времени изменяется по спадающему экспоненциальному закону

$$I_{0\lambda_1} = Ae^{-\frac{t}{\tau}} \quad (2)$$

прошедшие потоки излучений через измерительную газовую кювету на опорной и измерительной длине волне выражение (1) имеет вид [6, 7, 8, 9]:

$$I_{\lambda_1} = Ae^{-\frac{t}{\tau}} e^{-k_1 N_1 L} \quad (3)$$

$$I_{\lambda_2} = I_{0\lambda_2} e^{-k_1 N_1 L} e^{-k_2 N_2 L}$$

где:  $A$  – амплитуда экспоненты;  $t$  – текущая время;  $\tau$  – постоянная времени дискретизированной экспоненты.

На выходе приемника излучений ПИ соответствующему выражению (3) формируется фотоэлектрический сигнал (см. рис.2д).

$$U_{\lambda_1} = k_{\text{фн}} A e^{-\frac{t}{\tau}} e^{-k_1 N_1 L} \quad (4)$$

$$U_{\lambda_2} = k_{\text{фн}} I_{0\lambda_2} e^{-k_1 N_1 L} e^{-k_2 N_2 L}$$

где:  $k_{\text{фн}}$  – коэффициент преобразования приемника излучений.

Фотоэлектрический сигнал соответствующему выражению (3) с выхода приемника излучений ПИ усиливается усилителем переменного тока УП и на его выходе формируется усиленный фотоэлектрический сигнал без постоянной составляющей, (см.рис.2.ж) и пройдя через первой дифференцирующей цепи Дц1 дифференцируется и подается на один из входов устройства логического умножения “И” (см.рис.2.и). На другой вход последнего поступают дифференцированный сигнал от противофазного выхода симметричного мультивибратора СМ (см.рис.2.к).

В момент сравнений  $t_{\text{ср}}$  напряжений от опорных и измерительных потоков излучений  $U_{\lambda_1} = U_{\lambda_2}$  имеем;

$$A e^{-\frac{t_{\text{ср}}}{\tau}} e^{-k_1 N_1 L} = I_{0\lambda_2} e^{-k_1 N_1 L} e^{-k_2 N_2 L} \quad (5)$$

или

$$A e^{-\frac{t_{\text{ср}}}{\tau}} = I_{0\lambda_2} e^{-k_2 N_2 L} \quad (6)$$

Если выбрать  $I_{0\lambda_2} = I_{0\lambda_1}$  то имеем  $A = I_{0\lambda_2}$ .

Тогда выражение для концентрации углеводородов имеет вид:

$$N_2 = \frac{1}{\tau k_2 L} t_{\text{ср}} \quad (7)$$

или

$$N_2 = c t_{\text{ср}} \quad (8)$$

где:  $c = \frac{1}{\tau k_2 L}$  – постоянная величина.

По этому согласно выражению (8) в измеряемом цикле с начала экспоненциального импульса до момента сравнений  $t_{\text{ср}}$  (рис.2л) на выходе устройства логического умножения “И” формируется серии прямоугольных импульсов, количество которых пропорционален концентрации углеводородов. Количество сформированные на выходе устройства логического умножения “И”, импульсы считаются, десятичным счетчиком ДСч и отображается на индикаторах отображение информации ИО.

Показания индикатора отображение информации ИО соответствует измеряемую концентрацию углеводорода в воздухе.

### Список литературы:

1. Козинцев В.И. и др. Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 527 с.
2. Бреслер П.И. Оптические абсорбционные газоанализаторы и их применение. Л.: Энергия, 1980. – 164 с.
3. Лигер В.В., Большов М.А., Курицин Ю.А. и др. Метод двухволнового дифференциального поглощения для определения параметров конденсированных сред. – М.: «Оптика и спектроскопия» – Т. 99, вып. 4, 2005.- стр. 693 – 704.
4. Мамасадиков Ю., Абдурахмонов С.М., Умаралиев Н. Оптикоэлектронный двухволновый измеритель концентрации метана // Научно–технический журнал ФерПИ 2014 г № 4 с.130 – 133.
5. Ю. Мамасадиков, З.Ю. Мамасадикова. Оптикоэлектронное устройство для дистанционного контроля концентрации углеводородов в воздухе // НТЖ ФерПИ, 2020, Т.24, №6. С. 231 – 236.
6. Mamasadikova Z.Y. Optoelectronic devices for controlling the concentration of hydrocarbons in air with exponential scan //Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal. – 2020. – Т. 10. – №. 11. – с. 1328-1333.. DOI: 10.5958/2249-7137.2020.01403.2
7. Устройство для контроля концентрации газообразных веществ. //А.С. СССР № SU1494713 / Мухитдинов М.М., Мамасадиков Ю., Саримсаков А.А.
8. Mamasadikov Y., Mamasadikova Z.Y. Optoelectronic device for remote control of hydrocarbon concentration in air // Scientific-technical journal. – 2020. – Т. 3. – №. 6. – с. 3-7.
9. Jamoldinovich A.E. The importance of metrology and standardization today //International scientific and technical journal “Innovation technical and technology”. – 2020. – Т. 1. – №. 4. – с. 1-3.