УДК 543.27.-8, 543.27.05

**РАЗРАБОТКА ГАЗОАНАЛИЗАТОРА ОПТИЧЕСКОГО ТИПА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СО2**

**В. В. Батенькин1, Г.Г. Коновалов2**

*1Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова*

*2Физико-технический институт им. Иоффе РАН*

Дыхание является важнейшим физиологическим процессом, гарантирующим течение метаболизма. Для комфортного существования человеку необходим воздух, состоящий из 21,5% кислорода и 0,03 – 0.04% углекислого газа. Порядка 78,1% атмосферного воздуха приходится на двухатомный газ азот, оставшаяся часть – на примеси (аргон, гелий, криптон и т.д.).

При высоких концентрациях (более 0,1%) углекислый газ негативно влияет на самочувствие человек, более того, производит канцерогенный эффект. Пребывание человека в помещении с высокой концентрацией СО2 может вызвать слабость, сонливость, головную боль, уменьшить концентрацию внимания, или даже оказать влияние на состав крови. Вследствие постоянного влияния высоких концентраций СО2 в организме человека происходит увеличение кислотности крови, что ведет к ацидозу, при этом ухудшается восприимчивость организма к полезным веществам и минералам, таким как, магний, кальций, калий, натрий. Ацидоз может спровоцировать сахарный диабет, заболевания, связанные с опорно-двигательным аппаратом, сердечнососудистой системой. Люди, страдающие хроническими заболеваниями, например астмой или аллергией, особенно остро подвержены негативному влиянию углекислого газа.  
При концентрации СО2 в воздухе 0,08-0,1% состояние человека существенно ухудшается.

Длительные наблюдения с 1958 г. в абсерватории Мауна-Лоа за концентрацией СО2 в атмосфере показали устойчивый рост средней концентрации с 0,0315 % (1958 год) до 0,040394 % в (2015 год). [1]

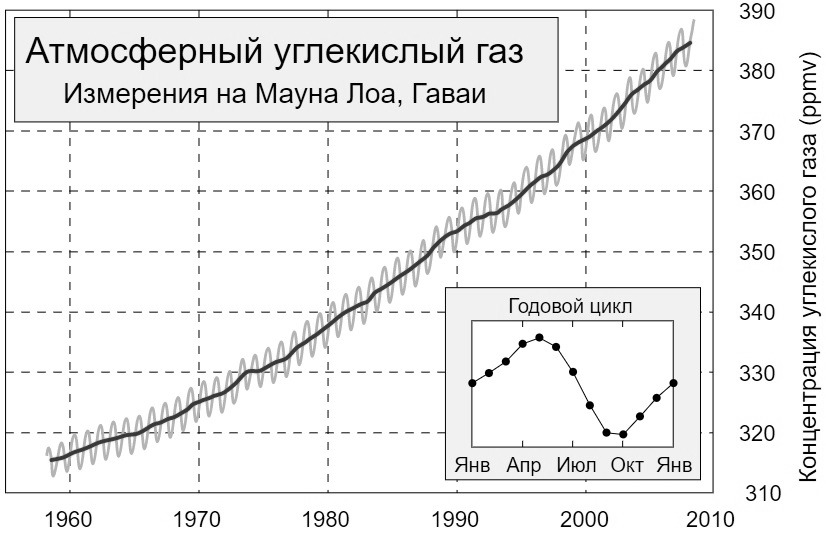


Рисунок 1 – График Килинга: концентрации атмосферного CO2, на основе наблюдений в обсерватории Мауна-Лоа, Гавайи

Экстраполируя кривую на рис. 1, можно предположить, что увеличение концентрации СО2 в атмосферном воздухе в будущем будет только усиливаться.

Разработка портативных газоанализаторов и детекторов СО2 является актуальной задачей, имеющей важное прикладное значение в таких областях, как оптимизация промышленных процессов, совершенствование медико-биологических методов в медицине, охрана здоровья человека и т.д.

Традиционные методы детектирования СО2 в окружающем воздухе, такие как механические, тепловые, акустические и химические, применяемые в настоящее время, не позволяют обеспечить соответствующий аналитический контроль СО2 в атмосферном воздухе для обеспечения безопасности жизнедеятельности человека. Промышленные приборы, используемые для детектирования СО2 указанными методами, имеют ряд недостатков: высокая инерционность, внушительные габаритно-массовые характеристики и, в ряде случаев, не позволяют определять концентрацию исследуемого газа в режиме реального времени.

Перечисленные факторы позволяют сделать вывод о необходимости разработки портативного опто-электронного газоанализатора, обладающего высокой селективностью, быстродействием, низким энергопотреблением, увеличенным ресурсом работы и относительно невысокой стоимостью.

Для реализации газоаналитических измерений оптическим методом, соответствующим современным требованиям анализа, был разработан лабораторный макет оптического газоанализатора для определения концентрации СО2 в атмосферном воздухе. Метод определения основан на светопропускании излучения в исследуемом газе на длине волны, соответствующей спектральной полосе поглощения молекулы СО2.

Метод светопропускания (оптической абсорбционной спектроскопии) используется для определения изменения интенсивности зондирующего излучения, прошедшего через поглощающую газовую среду. Исследуемый газ в газовой смеси является «фильтром», поглощающим излучение источника с определенной длинной волны. Характеристические полосы поглощения ряда химических соединений представлены на рис. 2

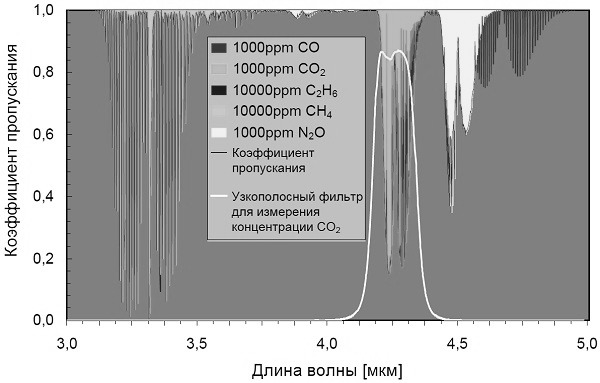


Рисунок 2 – Спектр поглощения химических соединений: СО, СО2, С2Н6, СН4, NO2 ( мкм)

Анализ рис. 2 показывает, что на длинах волн 4 – 4,5 мкм наблюдается сильное поглощение излучения, вызванное в основном углекислым газом. Из рис. 2 видно, что максимум поглощения соответствует длине волны , что следует учитывать при выборе источника излучения.

Блок-схема разрабатываемого газоанализатора для детектирования СО2 представлена на рис. 3.

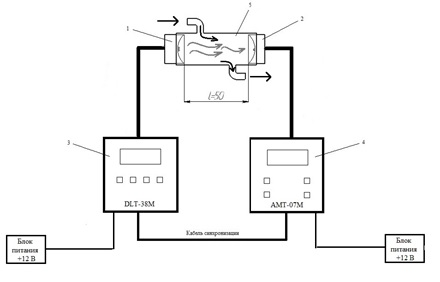


Рисунок 3 – Блок-хема газоанализатора СО2

Лабораторный макет газоанализатора работает по следующему принципу. Исследуемый газ непрерывно прокачивается через кювету 5. Зондирующее излучение от источника 1 проходит через кювету 5 с исследуемым газом и попадает на приемник оптического излучения 2. Сигнал с приемника поступает на усилитель 4 после чего выводится на LED – дисплей.

В качестве источника излучения применяется светоизлучающий диод LED43-TEC-PRW, выбранный в соответствии с максимальным значением показателя поглощения углекислого газа. Максимальная спектральная полоса излучения источника соответствует длине волны

В качестве приемника ИК излучения используется фотодиод PD48-05-NS-TEC-PRW с широким спектром чувствительности (рис. 4).

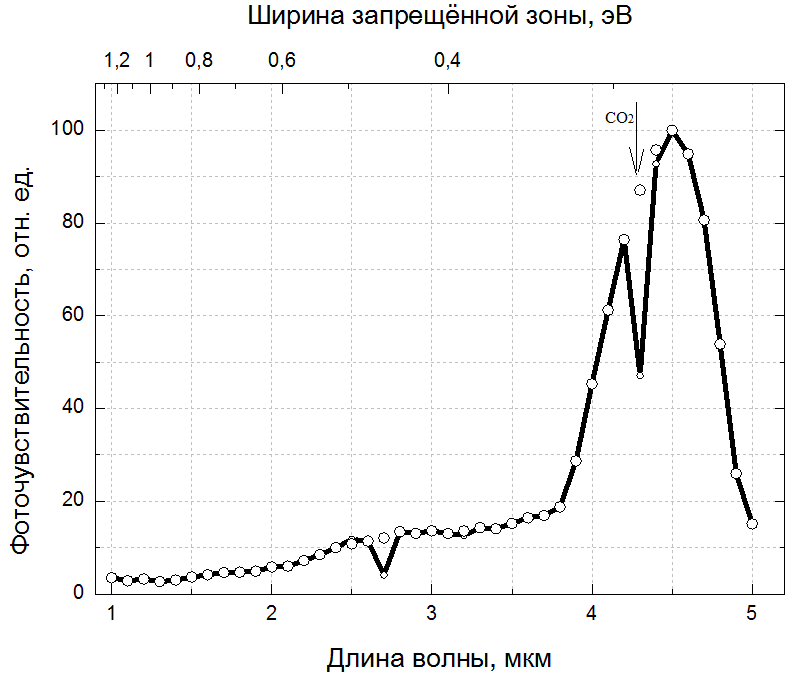


Рисунок 4 – Спектральная чувствительность фотодиода

Оптоэлектронные компоненты (светоизлучающий диод и фотодиод) разработаны и созданы в лаборатории инфракрасной оптоэлектроники ФТИ им. Иоффе РАН на основе гетероструктур узкозонных полупроводниковых соединений типа А3В5. В качестве основы для роста светоизлучающей и фотодиодной гетероструктур применялась подложка InAs. Активной областью светоизлучающего диода является четверной твердый раствор InAsSbP, а активной областью фотодиода – тройной твердый раствор InAsSb.

Для обеспечения питания светоизлучающего диода используется соответствующий драйвер DLT-37М, который имеет возможность выбрать рабочий режим с заданной длительностью импульсов, частотой повторений и величиной тока. Преобразование фототока в напряжение с последующим усилением, детектирование полученного сигнала и его индикация осуществляется с помощью усилителя для фотодиода АМТ-07М. Данные электронные изделия предоставлены компанией ООО «АИБИ».

Оптико-измерительная кювета была изготовлена из химически неактивного стекла. В ходе работы были изготовлены две кюветы: для измерения СО2 в проточном газе, для измерения СО2 в окружающем атмосферном воздухе (рис 5, рис. 6). Расчетная длина оптического пути в данных кюветах равна .

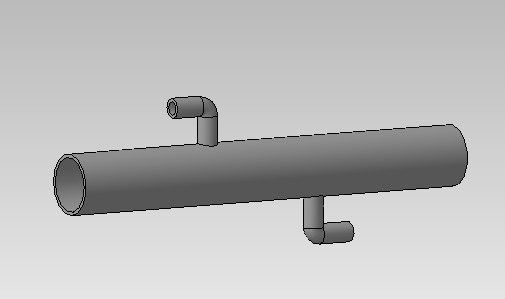


Рисунок 5 – Кювета для анализа проточного воздуха

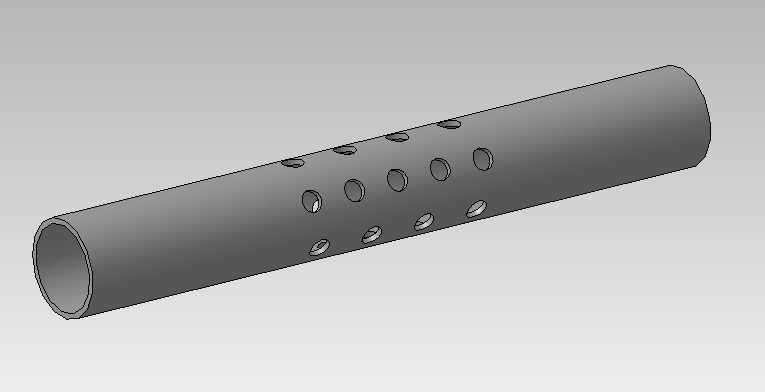


Рисунок 6 – Кювета для анализа проточного воздуха

Первые измерения проводились при прокачке через проточную кювету газа с содержанием СО2 не более 50,66 %. Эксперимент проводился при следующих заданных параметрах: , частота сигнала В результате измерений было замечено, что при прокачке газа через кювету уровень сигнала упал на 10% (таблица 1).

Таблица 1 – результаты измерений.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Коэффициент усиления сигнала | Ток драйвера, мА | Сигнал усилителя, мА |
| При окружающем воздухе | | |
| 100 | 200 | 151, 1 |
| 10 | 200 | 16, 9 |
| 1 | 200 | 0.19 |
| При прохождении газа через кювету | | |
| 100 | 200 | 138, 5 |
| 10 | 200 | 15, 2 |
| 1 | 200 | 0.18 |

**Библиографический список**

1  *Briggs, Helen* 50 years on: The Keeling Curve legacy, *BBC News* , *2017*