

Ergashev Ravshanbek Nazirovich
Fargʻona davlat universiteti, ilmiy tadqiqotchi,
Otajonov Salim Madraximovich
Fargʻona davlat universiteti professori, f.-m. f. d.,
Botirov Qodir Abdullaevich
Fargʻona davlat universiteti, katta oʻqituvchi.
Tel: 93 971-02-63, e-mail: rova08@pf.fdu.uz
UDK 621.315.592

pCdTe - nCdS va pCdTe - nCdSe geterostrukturalari asosida chang va gazni aniqlash uchun optik datchiklarni ishlab chiqish

Annotatsiya: Ushbu maqolada p CdTe - n CdS va p CdTe - n CdSe geterostrukturalari asosida chang va gazni aniqlash uchun optik datchiklar muhokama qilinadi. Avtomatik boshqaruv tizimiga ega ishlab chiqilgan optik datchiklar infraqizil spektral mintaqasining keng diapazonlarida Arduino platformasi uchun mos ekanligi aniqlandi. Optik datchiklarning yuqori tezligi bilan o'rnatilgan, bir xil sezgirlik va fon yorug'ligini yuqori darajada bostirish ta'minlanadi. Ko'rsatilgandek, optik sensor yordamida xonalar havosidagi chang miqdorini aniqlash mumkin.

Kalit so'zlar: geterostruktura, vintelyatsiya, datchik, svetadiod, fotoqabulqilgich, CdTe, sezgirlik, generatsiya, analog signal, impuls, Arduino, tutun qabul qilish.

Ergashev Ravshanbek Nazirovich
Fergana State University, researcher,
Otajonov Salim Madraximovich
Fergana State University, professor,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Botirov Kadir Abdullaevich
Fergana State University, senior lecturer.
Tel: 91 169-74-57, rova08@pf.fdu.uz

**Development of an optical sensor for detecting dust and gas based on
pCdTe – nCdS and pCdTe – nCdSe heterostructures**

Abstract: This article discusses optical sensors for detecting dust and gas based on the heterostructure p CdTe – n CdS and p CdTe – n CdSe. It was found that the developed optical sensors with an automatic control system for Arduino applications in wide ranges of the IR spectrum. It was found that with an increase in the speed of the optical sensor, uniform sensitivity and a high degree of background light suppression are ensured. It is shown that using an optical sensor, it is possible to determine the dustiness of the air in rooms.

Key words: heterostructure, ventilation, sensor, LED, photodetector, CdTe, sensitivity, generation, analog signal, pulse, Arduino, smoke extraction.

Эргашев Равшанбек Назирович

Ферганский государственный университет, научный исследователь,

Отажонов Салим Мадрахимович

Ферганский государственный университет, профессор, д.ф.-м.н.,

Ботиров Кадир Абдуллаевич

Ферганский государственный университет, старший преподаватель.

Tel: 91 169-74-57, rova08@pf.fdu.uz

**Разработка оптического датчика для определения пыли и газа на
основе гетероструктуры pCdTe – nCdS и pCdTe – nCdSe**

Аннотация: В данной статье рассмотрено оптические датчики для определения пыли и газа на основе гетероструктуры p CdTe – n CdS и p CdTe – n CdSe. Было установлено, что разработанные оптические датчики с системой автоматического управления применением Arduino в широких диапазонах ИК области спектра. Установлено с повышением быстродействия оптического датчика обеспечивается равномерной чувствительности и высокой степени подавления фонового света. Показано, что с применением

оптического датчика можно определить запыленности воздуха в помещениях.

Ключевые слова: гетероструктура, вентиляция, датчик, светодиод, фотоприёмник, CdTe, чувствительность, генерация, аналоговый сигнал, импульс, Arduino, дымозаборная.

Введение

Оптические датчики с новым гетероструктурным фотоприёмником на основе p CdTe – n CdS и p CdTe – n CdSe для определения загрязнения в воздухе с системой автоматического управления с применением Arduino предназначена для приточной вытяжных вентиляции воздуха. Самым большим источником выбросов аэрозолей в атмосферу являются цеха, использующие коксовые печи. Metallургические комбинаты, заводы по производству цемента и кирпича устанавливают электрофильтры, а для отслеживания загрязнения этих фильтров используют сигнализаторы запылённости [1].

Методика исследования

Для получения оптического датчика с новым гетероструктурным фотоприёмником на основе p CdTe – n CdS и p CdTe – n CdSe использована рабочая камера, которая дана в работе [2]. В рабочей камере установки (ВУП-4) вакуум достигал порядка 10^{-4} - 10^{-5} мм. рт. ст. где производилось напыление исходного полупроводникового материала и примеси. В рабочей вакуумной камере на расстоянии 20-25 см от её дна располагался держатель, выполненный в виде рамки, на которую крепились подложки. Расстояние между рамкой и тиглем было в пределах 5,5-7,5 см. Путём поворота держателя можно было изменять угол напыления от 0 до 90° [3]. Температура подложки поддерживалась с помощью печки, надетой на кварцевый колпак. С помощью этой печки можно было менять температуру подложки использовались хромель-алюмелевые термопары. Для испарения полупроводникового материала CdTe и примесей изготавливались тигли из вольфрамовой или молибденовой проволоки диаметром 0,6 мм в виде

конусной корзиночки, поверхностная площадь которой равнялась 60 мм². На поверхность корзиночки наносилась водная суспензия окиси бериллия или окиси алюминия [4].

Для пленок CdTe в качестве легирующих примесей, были выбраны нами элементы первой группы: Ag и Cu. Выбор этих металлов в качестве примесей обусловлен следующими обстоятельствами. Во-первых, оптимальная температура диффузии (легирования) Ag и Cu в CdTe, сравнительно низкая и лежит в интервале температур подложки 80 ÷ 300° С [5], при котором лишь можно получить пленки из CdTe с наибольшими фоточувствительностью и стабильными характеристиками. Во-вторых, эти примеси необходимы для нейтрализации поверхностных состояний, а также они влияет на барьер между кристаллитами. Можно предположить, что межкуристаллические барьеры оптимизируются, не уменьшая максимальное значение фоточувствительностью и оптимизируются также размер кристаллитов. Время t , толщина d и v_k скорость напыления CdTe определялись экспериментально для получения наилучшего гетероструктуры: $t \approx 15 \div 20$ мин; $v_k = 1.5 \div 1.7$ нм/с, $d \approx 1$ мкм. Скорость конденсации CdTe, определенная из отношения толщины пленки ко времени напыления. Этот способ дает качественные полупроводниковые плёночные приборы для дальнейших использование [6].

Измерения спектральных зависимостей фотопроводимости (ФП), тока короткого замыкания ($I_{кз}$) проводились методами постоянной фотопроводимости на установке, блок-схеме которой размещен фотоприёмник оптического датчика на основе p CdTe – n CdS и p CdTe – n CdSe. Помещенный в криостат образец освещался лампой типа глобаром через монохроматор ИКС-14. Для уменьшения влияния рассеянного света (при измерении в ИК области) использовались кремниевые и германиевые фильтры. Регистрация сигнала проводилась электрометром ЭД-05М. Когда он подключался к нагрузочному сопротивлению, замыкающему образец, измерялся ток короткого замыкания, а когда в цепь включался источник

электрического напряжения, то измерялся суммарный сигнал, зависящий как от фотопроводимости, так и от фото-ЭДС [7]. Проводя измерения при включении источника в противоположных напряжениях, получаем, что разность сигналов пропорциональна фото-ЭДС, а сумма – фотопроводимости. Полученные результаты показывают фотоприёмник оптического датчика соответствует требованиям по применению датчикам для определения загрязнения воздуха и можно использовать для автоматических вентиляционных систем с применениями Arduino.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Предлагаемые оптические датчики для определения загрязнения в воздухе, содержащем основание с центральным сквозным отверстием, на нижней и верхней поверхностях. Внутри датчика где проходит частицы загрязнённого воздуха расположен ИК светодиод, который при излучении лучей сквозь линзы попадают на поверхность частиц загрязнённого воздуха, а которые не попавшие лучи отражаются зеркалом расположенном внутри противоположенной стенке датчика. Таким образом лучи которые излучает ИК светодиод максимально попадает на частицы загрязнённого воздуха после отражённые частицами загрязнённого воздуха лучи попадают сквозь линзы фотоприёмник на основе гетероструктуры $p\text{-CdTe} - n\text{-CdS}$ и $p\text{-CdTe} - n\text{-CdSe}$.

При отсутствии загрязнения воздуха излучение от источника света напрямую попадает через отражающий зеркало в фотоприемник, а фоновый свет «гасится» в отражающих ячейках, при этом ячейки выполняют роль "ловушек" для света, в которых происходит практически полное подавление «паразитного» сигнала от ИК-светодиода и поступающего извне света.

При возникновении загрязнения в воздухе он беспрепятственно проникает во внутреннее пространство датчика, проходя через сквозные прямые направляющие каналы и целевой зазор. Излучение от источника света, рассеянное частицами загрязнённого воздуха, регистрируется фотоприемником. При этом достигается высокое быстродействие и

равномерная чувствительность датчика независимо от направления распространения загрязнённого воздуха.

Способ изготовления полупроводникового датчика с новым гетероструктурным фотоприёмником на основе $p\text{ CdTe} - n\text{ CdS}$ и $p\text{ CdTe} - n\text{ CdSe}$ для определения загрязнения в воздухе заключается в следующем: полупроводниковый датчик изготавливается материалом пластмассы для корпуса, металлической крышкой от защиты электромагнитных полей. Внутри корпуса расположен полупроводниковые элементы, блок схема для контроля ИК светодиода, схема усилителя и стеклянное зеркало для отражения потока ИК луча. Оптический датчик имеет не большого размера весом 17 грамм, который изменился от веса прототипа используя новые детали как отражающая зеркало и фотоприёмник с новым гетеропереходом так же вместится в любые труднодоступные места.

На рис. 1 показано блок схема датчика с новым гетероструктурным фотоприёмником для определения загрязнения в воздухе позволяет легко понять какие блоки имеют важную роль в схеме датчика.

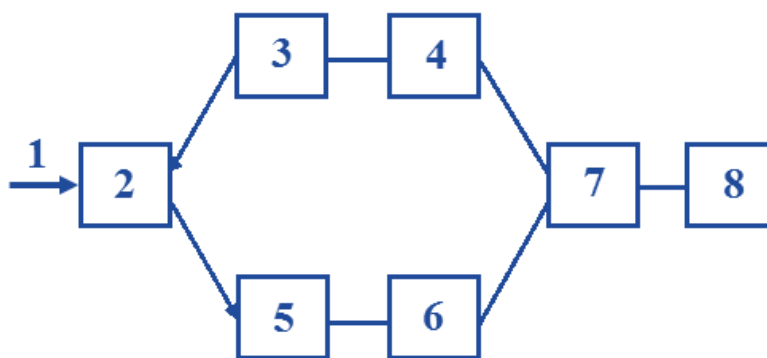


Рис. 1. Блок схема датчика с новым гетероструктурным фотоприемником: 1-источник загрязненного воздуха, 2-рабочая камера, 3-инфракрасный светодиод, 4-контроллер светодиода, 5-гетероструктурный фотоприемник на основе $p\text{ CdTe} - n\text{ CdS}$ и $p\text{ CdTe} - n\text{ CdSe}$, 6-операционный усилитель сигнала, 7- микроконтроллерная платформа Arduino, 8-монитор или компьютер.

Датчик с новым гетероструктурным фотоприемником для определения загрязнения воздуха используя корпус и схему уже существующий

прототипа марки GP2Y1014AU0F рабочей зоне находится четыре основных компонента: инфракрасный светоизлучающий диод (источник света), фотодиод (детектор) мы заменили с новым гетероструктурным фотоприемником на основе $p\text{ CdTe} - n\text{ CdS}$ и $p\text{ CdTe} - n\text{ CdSe}$, отражающая зеркало которое тоже использоваться первые на этом датчике и пара линз. Светодиод и фотоприёмник внутри датчика расположены таким образом, чтобы две оптические оси пересекали область обнаружения датчика с помощью отражающего зеркала. Когда загрязненный воздух попадают внутрь области обнаружения датчика свет внутри датчика отражается от частиц пыли или дыма и соответственно, в зависимости от количества обнаруженного света изменяется ток, генерируемый фотоприёмником. Усиливая и преобразуя это значение тока в значение напряжения, мы можем получить необходимый нам аналоговый сигнал на выходе датчика (рис. 2).

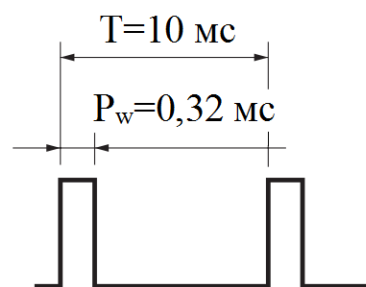


Рис. 2. Импульсный сигнал входа для светодиодного входного разъема

Для работы с датчиком нам потребуется всего 2 контакта из 6 контактов датчика. На первом из них мы будем включать/выключать светодиод, а на втором – считывать аналоговый сигнал с выхода датчика. Резистор $R_1 = 150 \text{ Ом}$ и конденсатор $C_1 = 220 \text{ мФ}$ необходимы для формирования импульса управления светодиодом. Без этих резистора и конденсатора модуль датчика не сможет работать. Для того, чтобы на выходе датчика обеспечить требуемый сигнал, необходимо подавать на светодиод импульсы с периодом 10 ms , при этом длительность импульса должна быть не более 0.32 ms . Как

рекомендовано в инструкции прототипом датчика, на датчик длительность этого импульса должна составлять 0.28ms.

Данная модель прибора отличается от других прототипов следующим образом:

Непрозрачные перегородки в частиц загрязнения заборной камере выполнены в виде радиально ориентированных пластинчатых ребер, внутренние концевые участки которых расположены вблизи сквозного отверстия основания, образующих прямые сквозные каналы для прохода частиц загрязнения и газа, частиц дымозаборная камера содержит пластинчатое дно, площадь которого соответствует площади сквозного отверстия основания, установленное под указанным отверстием на уровне, соответствующем уровню расположения нижних поверхностей воронки, с образованием щелевого зазора для проникновения частиц загрязнения и газа, а в измерительной камере расположены распределенные по периметру бокового ограждения элементы лабиринтной отражающей свет системы, отличающийся тем, что оптические датчики с новым гетероструктурным фотоприемником $p\text{-CdTe} - n\text{-CdS}$ и $p\text{-CdTe} - n\text{-CdSe}$, для определения частиц загрязнения и газа в воздухе, содержащий основание с центральным сквозным отверстием, на нижней и верхней поверхностях которого соответственно смонтированы частиц дымозаборная и измерительная камеры, при этом частиц дымозаборная камера содержит закрепленные на нижней поверхности основания и распределенные в окружном направлении по его площади непрозрачные воронка, установленные в окружном направлении с зазором друг относительно друга так, что их наружные концевые участки образуют разомкнутую боковую поверхность частиц загрязнения заборной камеры, а их боковые стенки образуют сквозные каналы для прохода частиц загрязнения и газа, измерительная камера содержит закрепленное на верхней поверхности основания замкнутое боковое ограждение, источник света, фотоприемник, непрозрачный экран,

препятствующий прямому попаданию излучения от источника света в фотоприемник.

От используемых датчиков, которые состоят лишь из ИК светодиода, кремнёвого фотодиода с линзами и усилительным блоком отличается тем что новые датчики с гетероструктурным фотоприемником $p\text{-CdTe} - n\text{-CdS}$ и $p\text{-CdTe} - n\text{-CdSe}$, для определения частиц загрязнения в воздухе, содержащий основание с центральным сквозным отверстием, на нижней и верхней поверхностях и внутри датчика где проходит частицы загрязнённого воздуха расположен ИК светодиод, который при излучении лучей сквозь линзы попадают на поверхность частиц загрязнённого воздуха, а которые не попавшие лучи отражаются зеркалом расположенном внутри противоположенной стенке датчика, лучи которые излучает ИК светодиод максимально попадает на частицы загрязнённого воздуха после отражённые частицами загрязнённого воздуха лучи попадают сквозь линзы фотоприёмник на основе гетероструктуры $p\text{-CdTe} - n\text{-CdS}$ и $p\text{-CdTe} - n\text{-CdSe}$, при этой системе датчика линия излучения ИК светодиода и линия приёма отраженных частицами лучей расположен под углом 90° что уменьшает залипанием частиц загрязнённого воздуха к линзам и к отражающей зеркале.

Датчик с новым гетероструктурным фотоприемником для определения загрязнения в воздухе используя корпус уже существующий марки GP2Y1014AU0F в рабочей зоне отличающийся тем прототипом, что находится четыре основных компонентов: инфракрасный светоизлучающий диод (источник света), фотодиод (детектор) мы заменили с новым гетероструктурным фотоприемником $p\text{-CdTe} - n\text{-CdS}$ и $p\text{-CdTe} - n\text{-CdSe}$, отражающая зеркало которое тоже использоваться первые на этом датчике и пара линз.

Датчик для определения загрязнения воздуха по П1, отличающийся тем, что применен новый гетероструктурный фотоприемник на основе $p\text{-CdTe} - n\text{-CdS}$ и $p\text{-CdTe} - n\text{-CdSe}$ с глубокими примесными уровнями позволяющий эффективно работать, чем обычный кремневый фотодиод, что он содержит

отражающий зеркало, который 90% отражает свет и увеличивает поток инфракрасного излучения рабочей зоны.

Выводы

Таким образом созданные датчики на основе гетероструктуры p CdTe – n CdS и p CdTe – n CdSe, при этой системе датчика линия излучения ИК светодиода и линия приёма отраженных частицами лучей расположен под углом 90° что уменьшает залипанием частиц загрязнённого воздуха к линзам и к отражающей зеркале и их можно использовать труднодоступные места в помещениях здания и в других отраслях науки.

Использованная литература

1. Д.А. Володина. Цементный завод как источник пылеаэрозольного загрязнения атмосферы. Секция 3. проблемы аэрозольного загрязнения атмосферы. Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, стр. 135-137 г.Томск, Россия.
<https://core.ac.uk/download/53079677.pdf>
2. Mike. Анализатор качества воздуха своими руками на основе Arduino и датчика Sharp GP2Y1014AU0F. стр. 1-6 http://digitrode.ru/computing-devices/mcu_cpu/3067-analizator-kachestva-vozduha-svoimi-rukami-na-osnove-arduino-i-datchika-sharp-gp2y1014au0f.html
3. Hyojoong Lee, PbS and CdS quantum dot-sensitized solid-state solar cells: “Old concepts, new results” / Lee Hyojoong, Henry C. Leventis, Soo-Jin Moon, Peter Chen // Advanced Functional Materials. - 2009. - Vol. 19, No. 17. - pp. 2735-2742.
4. Шкумбатюк П.С. Поверхностное дефектообразование в CdTe при воздействии излучения CO₂-лазера // ФТП, 2018, - Т.52, – В.9, –стр. 986–989.
5. Yang J.–H., Yin W.–J., Park J.–S., Ma J., Wei S.–H. / Review on first-principles study of defect properties of CdTe as a solar cell absorber/ Semicond. Sci. and Technol., pp. 22, 2016, 31, 083002. DOI 10.1088/0268-1242/31/8/083002

6. SM Otazhonov, RN Ergashev. Influence of thickness and temperature on photoelectric properties of p-CdTe-nCdS and pCdTe-CdSe heterostructures. Journal of Physics: Conference Series 2388 (1), 012001, pp. 1-8. DOI 10.1088/1742-6596/2388/1/012001
7. SM Otajonov, RN Ergashev. Photoelectric properties of solar elements based on pCdTe-nCdS and pCdTe-nCdSe heterostructures. Journal of Physics: Conference Series 2388 (1), 012062, pp. 1-5 APITECH-IV - 2022. DOI 10.1088/1742-6596/2388/1/012062