

**ПРИРОДНИЧІ ТА ТЕХНІЧНІ НАУКИ
NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

УДК 662.767.1=161.1

DOI:10.31339/2617-0833-2019-2(27)-2-7-12

**ПРОТИПОЖЕЖНІ ОПТОЕЛЕКТРОННІ ДАТЧИКИ
ДЛЯ СИЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ**

Кабацій В.М., Хом'як Б.Я., Питьовка О.Ю., Фордзюн Ю.І.

**ANTI-FIRE OPTOELECTRONIC SENSORS
FOR POWER ELECTRIC SYSTEMS**

Kabatsiy Vasyl, Khomyak Bogdan, Pityovka Oksana, Fordzun Yuriy

Запропоновані конструкції протипожежних оптоелектронних датчиків, які враховують особливості спектральних характеристик джерел випромінювання, фотоприймачів та передпожежного стану навколишнього середовища силових електричних систем. Оптоелектронні датчики вимірюють зміну концентрації газу CO₂, який утворюється при нестандартних режимах функціонування силового електрообладнання, в діапазоні 0–3 об.%. Мінімально виміряна концентрація газу в повітрі обмежується тільки співвідношенням сигнал/шум і складає 50–100 ppm.

Ключові слова: силові електричні системи, пожежні датчики, оптоелектронні датчики газів.

The proposed structures of fire-prevention optoelectronic sensors, which take into account the peculiarities of spectral characteristics of radiation sources, photodetectors and pre-fire state of the Power electric systems. Optoelectronic sensors measure a change in the concentration of gas CO₂, which is formed at non-standard functioning of the power electrical equipment, in the range 0 – 3 vol.%. The minimum measured gas concentration in the air is limited to only the signal/noise ratio and is 50 – 100 ppm.

Key words: power electric systems, fire sensors, optoelectronic gas sensors.

Ефективно оцінити стан середовища навколо силових електричних систем та концентрації газів, які утворюються при нестандартних режимах функціонування силового електрообладнання, можливо тільки при умовах об'єктивного контролю інструментальними засобами. Значна кількість пожеж при нестандартних режимах функціонування електрообладнання, в силових електричних мережах та електричних мережах житлових квартир відбувається при появі послабленого і небезпечно іскруючого контактного з'єднання. Така поведінка системи призводить до неприпустимих перегрівів силового обладнання, контактного з'єднання і появи газів, що виділяються на початковій стадії пожежі, при нагріванні ізоляції провідників або сучасних оздоблювальних матеріалів та упаковок, які знаходяться поблизу небезпечно нагрітого силового контактного з'єднання. Захисні комутаційні апарати, що використовуються у теперішній час, на подібний аварійний режим не реагують.

Метод інфрачервоної (ІЧ) -спектроскопії широко використовується на практиці для аналізу концентрацій у складі багатокомпонентних газових сумішей і є одними з найбільш точних і надійних. Наявність вузьких селективних смуг поглинання різної інтенсивності в середній ІЧ-області спектра, характерних для початкової стадії пожежі, окису й двоокису вуглецю, окисів сірки й азоту, метану, дозволяє вибирати оптимальні умови виміру їх концентрацій, а також розробити оптоелектронну елементну базу й прилади газового аналізу з високими селективними можливостями [1–4].

В останні роки спостерігається використання оптоелектронних багатофункціональних приладів газового аналізу нового покоління для оцінки стану навколишнього середовища, контролю технологічних процесів на виробництві, енергетиці та екології. Використання напівпровідникових джерел і детекторів ІЧ-випромінювання на область спектра 2,5-5,0 мкм, які працюють при кімнатних температурах, дозволяє істотно підвищити чутливість, селективність, швидкість, економічність і надійність спектроабсорбційних приладів аналізу сполук газових сумішей, значно зменшити габарити й матеріалоємність, а також використати їх для неперервного контролю за роботою силових електричних систем.

Дана робота присвячена розробці протипожежних оптоелектронних датчиків для вимірювання концентрації двоокису вуглецю з використанням багатоелементних напівпровідникових джерел випромінювання та фотоприймачів.

Нами були розроблені конструкції протипожежних оптоелектронних датчиків для вимірювання концентрації CO_2 ($\alpha_{\text{max}} = 0,15$ та $\alpha_{\text{eff}} = 0,12$ в області 4,3 мкм [2]) в діапазоні 0–3,0 об.%. Випромінюючі активні елементи (АЕ) виготовлені на базі твердих розчинів (ТР) InGaAs/InAs и InAsSbP/InAs методом рідинної епітаксії. Багатоелементне джерело ІЧ-випромінювання містить АЕ випромінюючі в максимумі на довжині хвилі $\lambda_{\text{max1}} = 4,27$ мкм ($\Delta \lambda_{0,5} = 0,48$ мкм) (робочий канал) та на довжині хвилі в максимумі випромінювання $\lambda_{\text{max2}} = 3,8$ мкм ($\Delta \lambda_{0,5} = 0,42$ мкм), за смугою поглинання CO_2 (опорний канал). Приймачем ІЧ-випромінювання служив вміру охолоджуваний PbSe фоторезистор. Спектри випромінювання АЕ та спектр чутливості фотоприймача приведені на рис. 1.

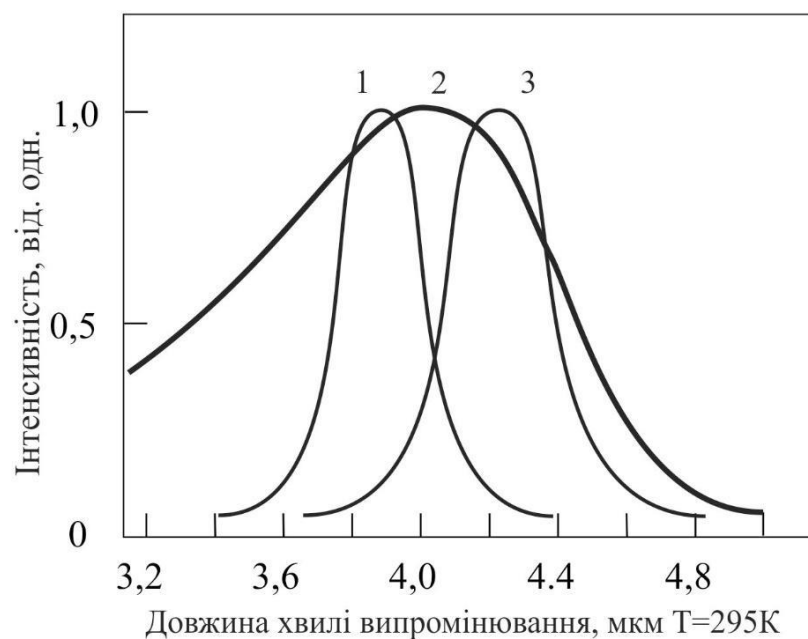


Рис. 1. Спектри випромінювання АЕ (1- $\lambda_{\text{max1}} = 3,80$ мкм; 3- $\lambda_{\text{max1}} = 4,27$ мкм) та спектр чутливості фотоприймача (2)

В якості матеріалів для оптичного покриття АЕ джерел випромінювання та фотоприймачів, які одночасно виконують механічний захист, ефект просвітлення та звуження діаграми світлових потоків, використовувалися халькогенідні склоподібні напівпровідники (ХСН) на базі систем Ge(Pb)-Sb(Bi,Ga)-S(Se), що дозволило підвищити чутливість оптоелектронного датчика в 2,5–3,0 рази. До початку вимірювань розроблені нами оптоелектронні датчики продувалися осушеним азотом в десятикратному об'ємі від об'єму активної зони.

На рис. 2 представлена розроблена нами конструкція оптоелектронного датчика для вимірювання концентрації CO_2 .

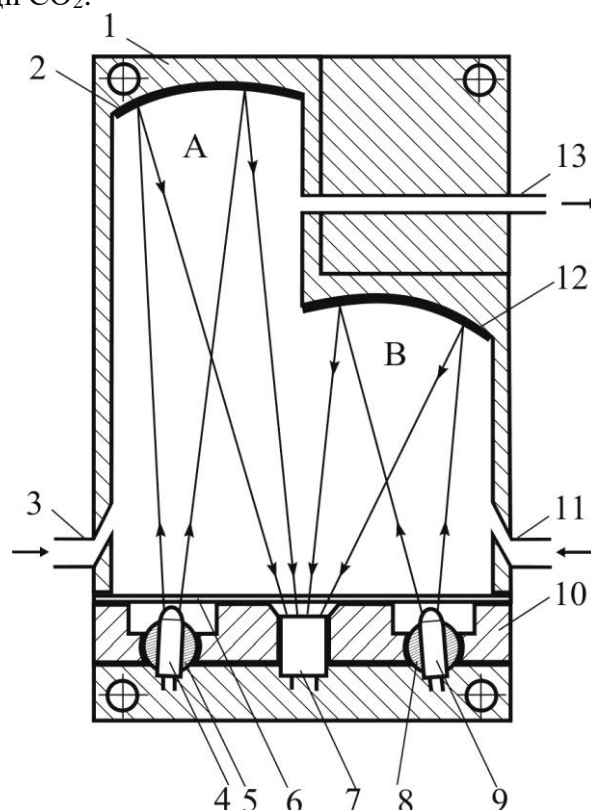


Рис. 2. Протипожежний оптоелектронний датчик на двоокис вуглецю: 1- робоча кювета; 2, 12– параболічні дзеркала; 3, 11– вхідний отвір подачі газу; 4, 9– джерело ІЧ-випромінювання; 5, 8– сферична опора; 6– вхідне сапфірове вікно; 7- фотоприймач; 10- основа сенсора; 13– отвір виходу газу.

Оптоелектронний датчик складається з робочої кювети 1, яка містить параболічні дзеркала 2 і 12, джерела ІЧ-випромінювання 4 і 9 та фотоприймача 7. На основі сенсора 10 розміщені фотоприймач 7 та теплопровідні сферичні опори 5 і 8, які забезпечують настроювання оптичної частини сенсора, всередині яких розміщені джерела випромінювання, що випромінюють у максимумах на довжині хвилі співпадаючої з максимумом смуги власного поглинання CO_2 (робочий канал) і на довжині хвилі за смугою поглинання газу (опорний канал). Джерела ІЧ-випромінювання розміщені відносно ФП так, що створюють однакові незалежні потоки випромінювання в різні моменти часу для різних частин (А і В) робочої кювети. Співвідношення довжин частин А і В розраховується виходячи із необхідного діапазону вимірювання концентрації CO_2 оптоелектронним датчиком.

При вимірюванні малої концентрації CO_2 активною є частина А кювети, а при великій концентрації – частина В (рис 2). Вхідні отвори для подачі газу виготовлені під кутом до оптичних осей джерел випромінювання. Таке розміщення отворів забезпечує рівномірний розподіл газу по всьому внутрішньому об'ємі кювети, скорочуючи при цьому час і кількість газу необхідного для повної заміни внутрішнього об'єму кювети газом іншої концентрації. У випадку збільшення неселективних втрат випромінювання, пов'язаних із забрудненням вхідного вікна або параболічних дзеркал датчика, а також при невідповідності спектрів джерела випромінювання й спектральної чутливості ФП стосовно спектра власного поглинання газу під впливом температури зовнішнього середовища, задана точність і чутливість сенсора забезпечується використанням опорного каналу й подачею аналізованого газу одночасно в обидві частини кювети. У цьому випадку світлові потоки, утворені джерелами випромінювання, що не пов'язані з поглинання аналізованого газу, змінюються

однаково й у процесі обробки їхніх сигналів, одержуваних на виході ФП, взаємокомпенсуються. На рис. 3 наведені калібровані криві протипожежного оптоелектронного датчика для вимірювання концентрації CO_2 .

При відсутності аналізованого газу, сенсор прокачується нейтральним газом. Сформовані джерелами випромінювання світлові потоки при цьому не поглинаються газом і на виході ФП утворюються електричні сигнали, що забезпечують надалі корекцію нуля сенсора, а також відбувається вирівнювання величини світлових потоків.

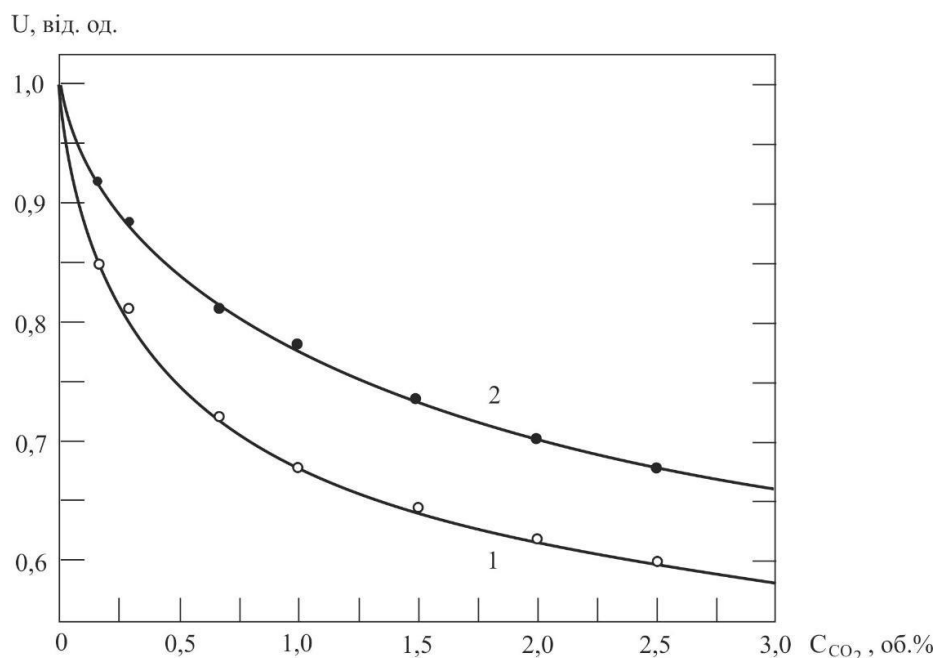


Рис. 3 Залежність спаду напруги на виході ФП від концентрації CO_2 в робочій кюветі для частини А (1) довжиною 55 мм та частини В (2) довжиною 40 мм

На рис. 4 представлена розроблена нами конструкція протипожежного сферичного оптоелектронного датчика для вимірювання концентрації CO_2 .

Сферична 1 кювета з внутрішнім дифузно розсіюючим світло покриттям містить отвори 2 подачі аналізованого газу та отвори 3 виходу аналізованого газу. Світлорозсіюючий 5 екран механічно закріплений до однієї з напівсфер за допомогою дифузно розсіюючої світло 4 трубки та містить АЕ випромінювання АЕ 6, який випромінює в максимумі на довжині хвилі узгодженою з довжиною хвилі в максимумі смуги власного поглинання газу та АЕ 8 фотоприймача. Світлорозсіюючий 5 екран у вигляді багатокутної правильної піраміди на своїх гранях містить АЕ випромінювання АЕ 7, який здатен випромінювати в максимумі на довжині хвилі поза максимумом смуги власного поглинання газу. Розміщення АЕ фотоприймача всередині кювети на світлорозсіюючому екрані таким чином, що він знаходиться на протилежній, по відношенню до розміщення АЕ випромінювання, стороні дозволило збільшити кількість світлового потоку, який попадає на нього та співвідношення сигнал/шум при проведенні вимірювань.

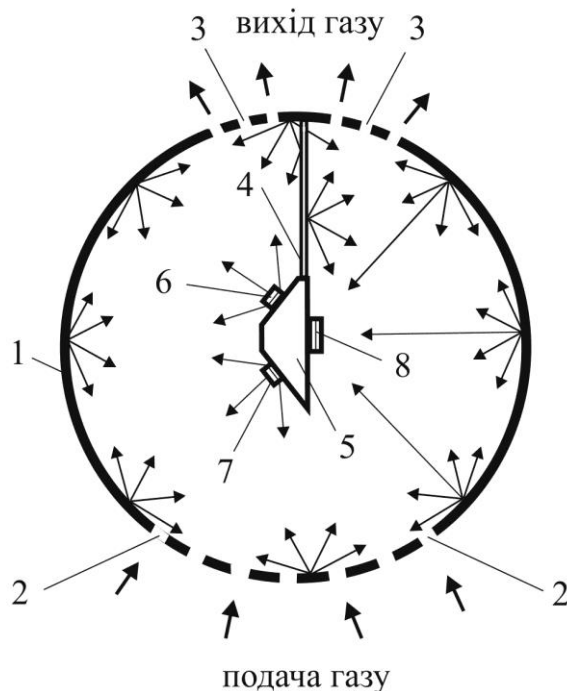


Рис. 4. Протипожежний сферичний оптикоелектронний датчик: 1- корпус; 2- вхідні отвори; 3- вихідні отвори; 4- світлорозсіююча трубка; 5- світлорозсіюючий екран; 6,7- активні елементи; 8- фотоприймач

Вимірювання концентрації газів в широкому діапазоні температур із заданою точністю і чутливістю у випадку неузгодженості спектра АЕ випромінювання і спектральної чутливості АЕ фотоприймача по відношенню до спектра поглинання газу під дією температури оточуючого середовища досягається за рахунок того, що вони знаходяться на одній поверхні світлорозсіюючого екрану та одночасно зазнають однакових змін не пов'язаних з поглинанням газу. В процесі обробки електричних сигналів з виходу АЕ фотоприймача ці зміни взаємокомпенсуються.

Сферичний оптикоелектронний датчик працює наступним чином. Випромінювання від АЕ 6 потрапляє в порожнину кювети 1 у вигляді інтегруючої сфери, де відбиваючись та розсіюючись від стінок та світлорозсіюючого 5 екрану, що попереджає потрапляння прямих променів від АЕ випромінювання на АЕ 8 фотоприймача, взаємодіє з газом, що аналізується (при вимірюванні його концентрації). При цьому на стінках сфери встановлюється певний рівень освітленості, що пропорційний послабленню випромінювання в аналізованому газі. Після цього випромінювання від АЕ 6 потрапляє на АЕ 8 фотоприймача. Сигнал на виході АЕ 8 фотоприймача пропорційний величині падаючого на нього потоку випромінювання, а зміна інтенсивності випромінювання при проходженні через аналізований газ і відповідно зміна сигналу на його виході є мірою концентрації аналізованого газу.

Для обох конструкцій модуляція світлового потоку забезпечується активацією джерел ІЧ-випромінювання змінним струмом $I = 250$ мА й частотою 10^3 Гц. Час спрацювання не перевищував 30–40 с. Відтворюваність показань при проведенні вимірів була не гірше $\pm 1,3$ %. Співвідношення сигнал-шум становило не менш 250. Мінімально виміряна концентрація CO_2 у повітрі була на рівні 50–100 ppm, що достатньо для спрацювання системи сигналізації при виникненні нестандартних режимів функціонування електрообладнання. Помилка вимірів обмежувалася в основному температурною стабільністю роботи ФП.

Розроблені протипожежні оптикоелектронні датчики для силових електричних систем мають просту конструкцію та підвищену чутливість і точність виміру концентрацій двоокису вуглецю в широкому діапазоні температур при неузгодженості спектрів джерела ІЧ-випромінювання і спектральної чутливості приймача ІЧ-випромінювання по відношенню до спектра поглинання аналізованого газу.

Список використаних джерел

1. Александров С.Е. Моделирование характеристик оптических газовых сенсоров на основе диодных оптопар среднего ИК-диапазона спектра / С.Е. Александров, Г.А. Гаврилов, А.А. Капралов, Б.А. Матвеев, Г.Ю. Сотникова, М.А. Ременный // Журнал технической физики. – 2009. – Т.79, № 6. – С. 112–118.
2. Aleksandrov S. Portable optoelectronic gas sensors operating in the mid-IR spectral range ($\lambda=3-5\mu\text{m}$) / S. Aleksandrov, G. Gavrilov, A. Kapralov, S. Karandashov, B. Matveev, G. Sotnikova, N. Stus // Lasers for Measurements and Information Transfer: Intern. Conf., 2002: Proc. SPIE. – Vol. 4680. – P.188–194.
3. Remennyi M.A. Low voltage epoxide down bonded mid-IR diode optopairs for gas sensing in the 3,3–4,3 μm spectral range/ M.A. Remennyi, N.V. Zotova, S.A. Karandashev, B.A. Matveev., N.M. Stus', G.N. Talalakin // Sensors & Actuatoators B: Chemical. – 2003. – Vol. 91. – № 1–3. – P. 256–261.
4. Зотова Н. В. Источники спонтанного излучения на основе арсенида индия / Н. В. Зотова, Н. Д. Ильинская, С. А. Карандашёв, Б. А. Матвеев, М. А. Ременный, Н. М. Стус // Физика и техника полупроводников. – 2008. – Т.42. – № 4. – P. 641–657.

References

1. Alexandrov S.E., Gavrilov G.A., Kapralov A.A., Matveev B.A., Sotnikova G.Yu., Remennyi M.A. 2009. Modelyrovanye kharakterystyk optycheskykh hazovukh sensorov na osnove dyodnykh optopar sredneho YK-dyapazona spektra [Modeling of the characteristics of optical gas sensors based on diode optocouplers of the middle IR spectral range]. Journal of Technical Physics. T.79. № 6:112–118.
2. Aleksandrov S., Gavrilov G., Kapralov A., Karandashov S., Matveev B., Sotnikova G., Stus N. 2002. Portable optoelectronic gas sensors operating in the mid-IR spectral range ($\lambda=3-5\mu\text{m}$) [Portable optoelectronic gas sensors operating in the mid-IR spectral range ($\lambda=3-5\mu\text{m}$)]. Lasers for Measurements and Information Transfer: Intern. Conf.: Proc. SPIE. Vol. 4680: 188–194.
3. Remennyi M.A., Zotova N.V., Karandashev S.A., Matveev B.A., Stus' N.M., Talalakin G.N. 2003. Low voltage epoxide down bonded mid-IR diode optopairs for gas sensing in the 3,3–4,3 μm spectral range. [Low voltage epoxide down bonded mid-IR diode optopairs for gas sensing in the 3,3–4,3 μm spectral range]. Sensors & Actuatoators B: Chemical Vol. 91. № 1–3: 256–261.
4. Zotova N.V., Ilyinskaya N.D., Karandashev S.A., Matveev B.A., Remennyi M.A., Stus' N.M. 2008. Ystochnyky spontannoho yzluchenyia na osnove arsenyda yndyia [Sources of spontaneous emission based on indium arsenide]. Physics and technology of semiconductors. T.42. № 4: 641–657.

УДК 391-047.37(477)(045)

DOI:10.31339/2617-0833-2019-2(27)-2-12-21

ДОСЛІДЖЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОГО СТИЛЮ В УКРАЇНСЬКОМУ КОСТЮМІ

Козарь О.П., Иванчо Т.Р., Майборода І.О., Гавриш М.І.

RESEARCH OF NATIONAL STYLE IN UKRAINIAN KOSTOUM

Kozar Oksana, Ivancho Tetiana, Mayboroda Iryna, Gavrish Mariia

В даній статті представлено дослідження окремих аспектів формування українського народного костюму, встановлення характерних ознак національного стилю. Проведено аналіз етно-стильових тенденцій української національної моди з точки зору