

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ В РУДНИЧНІЙ АТМОСФЕРІ

Рудковський М.М., магістрант, e-mail: rudkovskiym3@gmail.com;

Вовна О. В., д.т.н., проф., e-mail: Oleksandr.Vovna@donntu.edu.ua

*Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний
технічний університет», м. Покровськ, Україна*

Актуальність досліджень

Вимірювальний контроль у режимі реального часу фактичного стану метано-повітряної суміші у рудничній атмосфері вугільних шахт є одним з пріоритетних напрямів проблеми підвищення ефективності системи комплексної аерогазової безпеки. На основі проведеного аналізу характеристик і параметрів існуючих вимірювачів концентрації метану в рудничній атмосфері постає задача розробки моделі формування інформаційних параметрів з урахуванням дестабілізуючих факторів при вимірювальному контролі цих параметрів в умовах вугільних шахт.

На базі розроблених математичних моделей [1] необхідно провести дослідження впливу, що дестабілізує, конструктивних параметрів оптико-абсорбційних вимірювачів на результати вимірювань концентрації метану. Аналіз результатів математичного моделювання дозволить оцінити метрологічні характеристики досліджуваних оптичних вимірювачів метану порівняно з існуючими аналогами. Отримані дані дозволять виявити наукові підходи, на основі яких можна обґрунтувати та розробити методи і засоби побудови вимірювачів концентрації метану в рудничній атмосфері.

Мета та задачі дослідження

Метою є зменшення основної похибки вимірювального контролю концентрації метану під час використання оптико-абсорбційного методу. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз розробленої математичної моделі оптичного вимірювача концентрації метану;
- оцінити метрологічні характеристики розробленого вимірювача;
- сформулювати технічні вимоги до вимірювача концентрації метану.

Результати досліджень

Для отримання характеристик перетворення оптичного вимірювача концентрації метану в рудничній атмосфері здійснено облік інформативного параметра – концентрації метану (C_{CH_4} , °б.%) та дестабілізуючих факторів – конструктивні параметри вимірювача.

В оптоелектронному блоці необхідно забезпечити максимальний коефіцієнт передачі відкритого оптичного каналу. Тому виникає задача проведення досліджень впливу дестабілізуючих факторів та розробки методів і

засобів для забезпечення мінімізації їх впливу. Розробка та реалізація відповідних рекомендацій дозволить підвищити якість аналітичних оптоелектронних вимірювачів концентрації газових компонент, які розробляються або вдосконалюються, для виробничих умов рудничної атмосфери вугільних шахт та систем екологічного моніторингу.

Зниження величини оптичної потужності у оптичному вимірювачі концентрації метану є можливим завдяки використанню об'ємного покриття відповідної форми активного елементу випромінювача – світловипромінюючого діода (СВД) і приймача – фотодіода (ФД) [1]. Це покриття повинно бути оптично прозорим матеріалом з показником заломлення, величина якого є близькою до показника заломлення використаного напівпровідника. Це значно підвищує коефіцієнт введення та виведення оптичного випромінювання. Перевага такого способу полягає у його простоті й технологічності, а також у можливості одночасного забезпечення захисту активних елементів СВД і ФД від механічних пошкоджень і впливу навколишнього середовища.

Під час використання об'ємних покриттів СВД і ФД, які мають показники заломлення оптичного випромінювання 1,8, досягається збільшення оптичного к.к.д. у 1,8 разів порівняно з системою без покриття оптоелектронних компонентів вимірювального каналу концентрації метану. Як ці покриття рекомендується використовувати такі халькогенідні стекла типу від $\text{Ge}_{25}\text{Sb}_{10}\text{S}_{65}$, які мають мінімальний коефіцієнт заломлення оптичного випромінювання 2,25, до $\text{Ge}_{15}\text{Ga}_{10}\text{Te}_{75}$ з максимальним – 3,415. Виробником використаних СВД і ФД у вимірювальному каналі, на основі технологічних особливостей його промислових потужностей, запропоновано використовувати халькогенідне скло типу As_2S_3 . Це скло має значення показника заломлення випромінювання 2,42 на довжині хвилі 3 мкм. При цьому оптичний к.к.д. збільшено у 1,7 разів порівняно з системою без покриття оптоелектронних компонентів вимірювального каналу.

Для підвищення метрологічних характеристик оптичного вимірювача запропоновано використовувати оптичну трубку MDS-5 [2]. Трубка має у своєму складі СВД типу Lms34LED-CG та ФД типу Lms36PD-05-CG, які розміщено в металевому корпусі циліндричної форми. Трубку зроблено з полірованої сталі для мінімізації втрат випромінювання від СВД. Трубка має два отвори для дифузії газу. Довжина трубки складає 50 мм, діаметр – 9 мм, довжина оптичного шляху – 30 мм. Lms34LED-CG – СВД з максимумом випромінювання на довжині хвилі 3,4 мкм зі заливкою халькогенідним склом для збільшення оптичної потужності. Lms36PD-03-CG – ФД з довгохвильовою межею чутливості 3,6 мкм зі заливкою халькогенідним склом для збільшення чутливості.

Аналіз результатів математичного моделювання та експериментальних досліджень вимірювального каналу концентрації метану доводить, що ви-

користання СВД типу lms34LED і ФД типу lms36PD із спектрально-узгодженими характеристиками та їх заливкою халькогенідним склом типу As_2S_3 підвищує показник оптоелектронного к.к.д. у 5 разів.

Висновки

Впровадження запропонованих рекомендацій під час розробки вимірювача зменшило основну похибку вимірювання з $\pm 0,2$ об.%, згідно з вимогами ДСТУ [3], до 0,04 об.%. Отриманий результат істотно перевищує показники точності існуючих вітчизняних і зарубіжних аналогів вимірювачів концентрації метану.

Література

1. Вовна О.В. Оптоелектронні вимірювальні системи концентрації метану та пилу в рудничній атмосфері шахт: / О.В. Вовна – Покровськ (Красноармійськ): ДВНЗ «ДонНТУ», 2016. – 336с.
2. ВАР «ЛЕД Микросенсор НТ» [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://ru.lmsnt.com/evalkits/MDS5>. — Назва з титул. екрану.
3. Приборы шахтные газоаналитические. Общие требования, методы испытания: ДСТУ ГОСТ 24032:2009. — [Действующий от 2009-02-01]. — К.: Держспоживстандарт, 2009. — 24 с.

Анотація

Досліджено розроблену модель вимірювача концентрації метану, що заснована на оптико-абсорбційному методі, що дозволило розробити рекомендації та використати їх для побудови вимірювачів. При цьому основну похибку вимірювання зменшено з 0,2 об.%, до 0,04 об.%, у діапазоні від 0 до 4 об.%, що перевершує показники точності існуючих вимірювачів.

Ключові слова: вимірювач, метан, оптичний к.к.д., світлодіод, фотодіод, халькогенідне скло.

Аннотация

Исследовано разработанную модель измерителя концентрации метана, которая основана на оптико-абсорбционном методе, что позволило разработать рекомендации и использовать их для построения измерителей. При этом основную погрешность измерения уменьшено с 0,2 об.%, до 0,04 об.%, в диапазоне от 0 до 4 об.%, что превышает показатели точности существующих измерителей.

Ключевые слова: измеритель, метан, оптический к.п.д., светодиод, фотодиод, халькогенидное стекло.

Abstract

Abstract-developed model measuring the concentration of methane, which is based on optical absorption method that allowed the development of recommendations and use them to build the probes. At the same time the basic measurement error is reduced from 0,2 об.%, to 0,04 об.%, in the range of 0 до 4 об.%, which is higher than the accuracy of the existing meters.

Keywords: measurer, methane, optical efficiency, led, photodiode, chalcogenide glasses.