

ЗАСТОСУВАННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ГАЗОВИХ СЕНСОРІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВИТОКУ ХОЛОДАГЕНТІВ – ФРЕОНІВ

***В. В. Бойко, Г. І. Булах, Я. О. Гуменюк,
кандидати фізико-математичних наук,
М. В. Малюта, асистент
e – mail: boyko_v@i.ua***

Анотація. Розглянуто використання й шляхи здешевлення напівпровідникових газових сенсорів (детекторів) для виявлення витoku холодагентів – фреонів, які є основою різноманітної холодильної та кліматичної техніки.

Ключові слова: *напівпровідникові газочутливі сенсори (детектори), виявлення витoku газів, холодагенти, фреон*

Відомі розробки технічних засобів контролю газового середовища, в яких використовуються сучасні газові сенсори. Так, упродовж останніх років ми розробили декілька газових детекторів для виявлення різних летких сполук, що виникають у процесі гниття під час зберігання сільськогосподарської продукції у сховищах [1, 2]. Це леткі сполуки зі складу алканів (парафіни), алкенів (олефіни), альдегідів, сульфідів, кетонів, спиртів тощо. Деякі з них, такі як етанол, метанол, ацетон та бутан, можуть бути маркерами процесів гниття вже на початковій стадії [3–5]. Подібна проблема виникла в процесі розвитку холодильної та кліматичної техніки, що з кожним роком набуває дедалі ширшого застосування в сільському господарстві, промисловості та побуті. Зростаюча кількість таких технічних засобів потребує використання різноманітних інструментів, приладів і специфічних матеріалів для їх монтажу, обслуговування та ремонту.

Розроблюються та застосовуються все нові, більш екологічні речовини, що відіграють роль холодагентів, однак витoki цих речовин в приміщеннях та в атмосферу залишаються вкрай небажаними як з екологічної, так і з економічної точки зору. З огляду на те, що сучасні холодагенти – фреони не мають запаху, виявлення витoku та його локалізація можлива за допомогою спеціальних приладів – детекторів (індикаторів) витoku фреонів. І хоча локалізація джерел витoku, що виникли за рахунок нещільного з'єднання, дефектів конструктивних елементів, механічних пошкоджень чи деформацій, можлива достатньо простим застосуванням розчинів чи піни, найбільш ефективним та швидким виявляється використання саме електронних приладів – детекторів. У світі виготовляють немало типів таких приладів різного принципу дії та конструкції, але через відносно велику вартість (сотні доларів США) їх застосовують переважно професійні спеціалізовані монтажні та сервісні

організації і вони майже недоступні для селянських, фермерських господарств, а тим більше в побуті.

Мета досліджень – аналіз перспектив застосування та шляхів здешевлення напівпровідникових газових сенсорів для виявлення витоку холодагентів – фреонів, що відомі своїм практичним застосуванням.

Матеріали та методика досліджень. *Сенсори (детектори) виявлення витоку газів.* Сучасні детектори витоку фреонів будуються на різноманітних принципах дії, кожний з яких має свої переваги та недоліки. Визначальним елементом, що зумовлює конкретні властивості приладу є газочутливий сенсор, що реагує на присутність мікроскопічної кількості холодагенту (фреону). Найбільшого поширення набули:

- твердотільні напівпровідникові (підігрівні),
- електрохімічні,
- оптичні (інфрачервоні) сенсори.

Чутливим елементом *твердотільного напівпровідникового сенсора* є окис металу, наприклад, SnO_2 , ZnO , WO_3 , як полікристалічна плівка чи спечена кераміка, що розташовані безпосередньо в контакті з нагрівачем. Він забезпечує робочу температуру сенсора 300...450 °С, за якої досягається найбільша чутливість електропровідності окису металу до молекул багатьох газів у навколишньому повітрі. Такі сенсори мають високу чутливість, непогану стабільність, тривалий термін експлуатації до 10 років та відносно невелику вартість. До недоліків слід віднести споживання значної енергії для підігріву, вплив на чутливість температури та вологості навколишнього повітря, а також брак селективності, який не дозволяє розрізняти окремі гази та ігнорувати фонове забруднення повітря, хоча чутливість до різних газів може суттєво відрізнятися. Окрім того, вихід на робочу температуру потребує певного часу, тому готовності до роботи сенсорів такого типу доводиться чекати 60–90 сек після включення приладу.

Електрохімічні газові сенсори використовують чутливість електричного потенціалу між електродами, що занурені в електроліт певного складу, до газового складу навколишнього середовища. Їх будова схожа на конструкцію електрохімічної батареї зі спеціальним отвором з газопроникливою мембраною для контакту з повітрям. Вони можуть бути виготовлені з високою чутливістю до певних газів, зокрема фреонів. Вони зовсім не споживають енергії, але термін служби мають у середньому не більше, ніж два роки, упродовж яких чутливість знижується і вони потребують заміни на нові. При цьому електрохімічні сенсори недешеві і не придатні до тривалого зберігання, оскільки з часом втрачають чутливість навіть не будучи в роботі.

Оптичні газові сенсори будуються на явищі вибіркового поглинання оптичного випромінення інфрачервоного діапазону молекулами в газовій фазі. При цьому молекули різних газів мають свій спектр (лінії) поглинання, тому вибір певної довжини хвилі джерела випромінення, що співпадає з характерною лінією поглинання певного газу, забезпечує виняткову селективність цього методу. Наприклад, фреон R134 має характерну лінію поглинання 7,7 мкм, а R22 лінію 9 мкм. Хоча така селективність забезпечує

нечутливість інфрачервоних сенсорів до присутності сторонніх газів, вологості та забруднення в навколишньому повітрі, вона суттєво ускладнює побудову універсального детектора, чутливого до низки фреонів, що застосовуються на практиці. До переваг оптичного сенсора слід додати високу стабільність у роботі, а до недоліків – найвищу вартість.

Результати досліджень. Проведений нами аналіз всієї сукупності факторів, що враховуються при використанні газових детекторів, свідчить, що детектори фреонів з напівпровідниковими сенсорами мають значні переваги перед іншими. У першу чергу, за рахунок відносно невеликої вартості, достатньої для практичного використання чутливості та тривалого терміну служби при дотриманні правил експлуатації. Ми аналізували сенсори, де як чутливий елемент детектора фреонів використовуються достатньо дешеві напівпровідникові газові сенсори, що знаходяться в масовому виробництві, зокрема і в Україні.

Завдяки проведеному аналізу різноманітних технологій виготовлення, модифікації складу, вивчення фізико-хімічних процесів в них при різних умовах, було встановлено, що чутливі елементи саме на основі SnO_2 можуть набути найбільш широкого застосування в цій галузі.

Ми відзначили, що технологія виготовлення та склад чутливого елемента напівпровідникових газових сенсорів, їх конструкція та режими роботи постійно вдосконалюються. Перехід від об'ємної до плівкової конструкції (технології) чутливого елемента, його інтеграція з плівковим нагрівачем на однієї підложці та мініатюризація дали змогу суттєво знизити потужності споживаної енергії з 900–800 мВт до 150–100 мВт. Сучасний розвиток *MEMS* технологій дозволяє знизити в перспективі цей показник до 50–25 мВт.

Проведені нами попередні дослідження свідчать, що поряд зі зниженням до 3 В напруги живлення сенсора та обслуговуючої електроніки, це забезпечує оптимальні умови для батарейного живлення детектора, його мініатюризації, а отже, зручність його використання та економічність. Для подолання залежності чутливості напівпровідникового сенсора від температури зовнішнього повітря пропонується використовувати температурну компенсацію за допомогою термістора. Останні наші дослідження знаходяться на стадії доопрацювання окремих електротехнічних схем.

Крім того, вплив температури та вологості може бути важливим при визначенні абсолютного значення концентрації певного газу, тобто використанні приладу як вимірювача. На практиці детектор фреонів здебільшого використовується як індикатор для виявлення витoku та відносної оцінки його рівня, хоча періодична калібровка його чутливості на певну концентрацію еталонного газу є бажаною. Такий недолік напівпровідникових сенсорів, як потреба певного часу на вихід його температури на робочий режим, частково долається нами суттєвим зменшенням маси чутливого елемента, що підігрівається, а також застосуванням схемотехнічних рішень у конструкції детекторів. Наприклад, у момент включення приладу, на нагрівач подається на декілька секунд

підвищена напруга, що призводить до прискорення розігріву. В такий спосіб час готовності до роботи вдається скоротити до 25–30 сек.

Висновки

1. Детектори фреонів із напівпровідниковими сенсорами мають переваги перед іншими.
2. Сенсори на основі SnO₂ можуть набути найбільш широкого застосування в цій галузі.

Список літератури

1. Перспективи застосування сучасних газових сенсорів в технології зберігання сільськогосподарської продукції / В. В. Бойко, Г. І. Булах., Г. І. Подпрятков, С. М. Гунько // Науковий вісник НАУ. – 2007. – Вип. 105. – С. 237– 341.
2. Газовий детектор для виявлення процесів гниття в овочесховищах / В. В. Бойко, Г. І. Булах, Г. І. Подпрятков, С. М. Гунько // Науковий вісник НАУ. – 2013. – Вип. 184, ч.1. – С. 144–149.
3. Varns J. L., Glynn V. Detection of disease in stored potatoes by volatile monitoring. American Potato Journal. 56, 1979, 185–197.
4. Waterer D.R., Pritchard M.K. Monitoring of volatiles: A technique for detection of soft rot (*Erwinia carotovora*) in potato tubers. Canadian Journal of Plant Pathology. 6, 1984, 165–171.
5. Fine G.F., Cavandagh L.M., Afonja A., Binions R. Metal Oxide Semi-Conductor Gas Sensors in Environmental Monitoring. Sensors. 10, 2010, 5469–5502.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ УТЕЧКИ ХЛАДОАГЕНТОВ – ФРЕОНОВ

В. В. Бойко, Г. И. Булах, Я. А. Гуменюк, Н. В. Малюта
e-mail: boyko_v@i.ua

Аннотация. Рассмотрено использование и пути удешевления полупроводниковых газовых сенсоров (детекторов) для выявления утечки хладоагентов – фреонов, которые являются основой разнообразной холодильной и климатической техники.

Ключевые слова: полупроводниковые газовые сенсоры (детекторы), выявление утечки газов, хладоагенты, фреон

SEMICONDUCTOR GAS SENSORS FOR THE DETECTION OF LEAKS OF REFRIGERANTS – FREON

V. Boyko, G. Bulach, Y. Gumeniuk, M. Malyuta

Annotation. The use in refrigeration and climatic technique and ways of reduction of prices of semiconductor gas sensors (detectors) for leaks of refrigerants – freon are considered.

Key words: semiconductor gas sensors (detectors), leak of gases, refrigerants – freon