

ПЕРВИННИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ОПТИЧНИХ СЕНСОРІВ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ГАЗІВ

Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація.

На сьогодні існує реальна потреба створення компактних, автономних та дешевих сенсорів для вимірювання концентрацій вибухонебезпечних газів у навколишньому середовищі. Основні вимоги до таких сенсорів – це простота експлуатації, швидкодія, низький час відновлення, висока чутливість та температурна стабільність. В роботі досліджено оптичні характеристики холестерико-нематичних сумішей для подальшого застосування їх як первинних перетворювачів оптичних сенсорів вибухонебезпечних газів. Обґрунтовано вибір рідкокристалічних сумішей на базі нематика та холестеричної домішки у відповідних вагових концентраціях, які характеризуються основним піком поглинання у видимій області спектру, а саме 500-600нм.

Ключові слова: оптичний сенсор, первинний перетворювач, рідкокристалічна суміш, холестерико-нематична суміш, вибухонебезпечні гази.

Активні військові дії на території України обумовлюють нові виклики, які пов'язані з необхідністю забезпечення внутрішньої безпеки країни, своєчасного виявлення та усунення можливих загроз. Безумовно, такими загрозами є забруднення вибухонебезпечними предметами, до яких належать вибухонебезпечні речовини, зокрема гази.

Забезпечення внутрішньої безпеки та мінімізація екологічних ризиків потребують оперативного виявлення вибухонебезпечних речовин на місцевості, моніторингу токсичних газів, що виділяються при руйнуванні боєприпасів, автоматизації процесів ідентифікації небезпечних матеріалів, тощо. Традиційні методи аналізу (мас-спектрометрія, хроматографія, електрохімічні сенсори) є дорогими, громіздкими, потребують складного обслуговування та як висновок маломобільними. Створення мобільних систем для виявлення вибухонебезпечних газів з використанням багатопараметричних оптичних сенсорних пристроїв є актуальною потребою в сучасних реаліях України. Вирішення даної проблеми дозволить реалізувати експрес контроль повітря в потенційно забруднених місцевостях та зробити висновки про можливий негативний вплив на навколишнє середовище для подальшого вживання заходів з їх усунення.

Виявлення вибухонебезпечних газів активно досліджується вітчизняними та закордонними вченими [1]. Серйозну небезпеку створюють такі гази як RDX (гексоген), PETN (пентрит), NG (нітрогліцерин), TNT (тринітролол), HMX (октоген), більшість з яких містять нітрогрупи (-NO₂), а також хімічні елементи, такі як вуглець (C), водень (H), кисень (O), азот N. Тому багато відомих методів виявлення спрямовані на детектування саме окремих хімічних груп, які містять вибухонебезпечні гази, наприклад груп азоту [2].

Останні дослідження у застосуванні рідкокристалічних сумішей як чутливих елементів оптичних сенсорів уможливають використання їх у якості первинних перетворювачів сенсорних систем для детектування вибухонебезпечних газів. Відомо [3-5], що випари деяких органічних речовин (етанол, метанол, ацетон) після поглинання холестеричним рідким кристалом приводять до зміни довжини хвилі селективного відбивання цього кристала.

Нами запропоновано дослідження фізичних процесів у рідкокристалічних матеріалах зі спіральною структурою під впливом на них органічних сполук, які містять у своїй хімічній структурі вуглець, кисень, азот, а також нітрогрупи NO₂ і встановлення певної закономірності зміни оптичних характеристик рідкокристалічних композитів зі зміною концентрації вибухонебезпечних газів, яка ляже в основу функціонування таких оптичних сенсорів.

Використання рідкокристалічних сумішей у якості первинних перетворювачів оптичних сенсорів дасть змогу усунути недоліки найпоширеніших сенсорів резистивного типу (низька

чутливість і селективність, високе споживання енергії, необхідність підігрівання активного середовища). Сенсори з використанням запропонованих первинних перетворювачів уможливають експрес-аналіз вибухонебезпечних газів, стануть основою створення широкого класу портативних сенсорів, доступних для широкого кола споживачів і можливістю використання у польових умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Adegoke, O., Nic Daeid, N. Colorimetric optical nanosensors for trace explosive detection using metal nanoparticles: advances, pitfalls, and future perspective. *Emerging Topics in Life Sciences*, 5(3), 2021, p. 367-379.
2. Ka Chuen To, Sultan Ben-Jaber and Ivan P. Parkin Recent Developments in the Field of Explosive Trace Detection Cite this: *ACS Nano* 2020, 14, 9, p.10804 - 0833.
3. G. Barylo, M. Ivakh, Z. Mykytiuk, and I. Kremer, "Optical-electronic monitoring system of biomedical indicators", *Phys. Chem. Solid St.*, vol. 21, no. 4, pp. 779-784, Dec. 2020. G.I. Barylo, M.S. Ivakh, Z.M. Mykytiuk and I.P. Kremer, "Optical-electronic monitoring system of biomedical indicators" in *Physics and Chemistry of Solid State*, vol. 21, no. 4, pp. 779-784.
4. Mykytyuk Z., Barylo H., Kremer I., Kachurak Y., Shymchyshyn O. Sensitive liquid crystal composites for optical sensors [Електронний ресурс] // *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. – 2023. – Vol. 2023.
5. Mykytyuk, Z.M., Kremer, I.P., Ivakh, M., Diskovskiy, I.S., Khomyak, S.V. Optical sensor with liquid crystal sensitive element for monitoring acetone vapor during exhalation (2021) *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 721 (1), pp. 24-29.
6. Barylo G.I., Ivakh M.S., Mykytiuk Z.M., Kremer I.P. Optical-electronic monitoring system of biomedical indicators (2020) *Physics and Chemistry of Solid State*, 21 (4), pp. 779-784.

Кремер Ірина Петрівна, к.т.н, доцент, доцент кафедри електронної інженерії, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, iryna.p.kremer@lpnu.ua.

Івах Марія Степанівна, к.т.н, доцент, доцент кафедри електронної інженерії, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, mariia.s.ivakh@lpnu.ua.

Шимчичин Ольга Йосифівна, к.т.н, доцент, доцент кафедри електронної інженерії, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, olha.y.shymchyshyn@lpnu.ua.

PRIMARY CONVERTER OF OPTICAL SENSORS FOR EXPLOSIVE HAZARDOUS SUBSTANCES

Abstract.

Currently, there is a real need for the development of compact, autonomous, and inexpensive sensors for measuring the concentrations of explosive gases in the environment. The main requirements for such sensors are ease of operation, high speed, low recovery time, high sensitivity, and temperature stability. The work investigates the optical characteristics of cholesteric-nematic mixtures for their further use as primary converters in optical sensors for explosive gases. The choice of liquid crystal mixtures based on nematic and cholesteric additives in appropriate weight concentrations is justified, characterized by a main absorption peak in the visible spectrum range, specifically 500-600 nm.

Keywords: optical sensor, primary converter, liquid crystal mixture, cholesteric-nematic mixture, explosive gases.

Kremer Iryna Petrivna, Ph. D., Associate Professor of the Department of Electronic Engineering, Lviv Polytechnic National University, Lviv, iryna.p.kremer@lpnu.ua.

Ivakh Mariia Stepanivna, Ph. D., Associate Professor of the Department of Electronic Engineering, Lviv Polytechnic National University, Lviv, mariia.s.ivakh@lpnu.ua.

Shymchyshyn Olha Yosyfivna, Ph. D., Associate Professor of the Department of Electronic Engineering, Lviv Polytechnic National University, Lviv, olha.y.shymchyshyn@lpnu.ua.