



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з наукової роботи  
Національного університету  
«Львівська політехніка»

Іван ДЕМИДОВ

6 " 03. 2024 р.

### **Висновок**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Розробка рідкокристалічних чутливих елементів оптичних сенсорів для визначення концентрації парів ацетону та спиртів» здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю**

**171 Електроніка**

**(галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації)**

**Юрія КАЧУРАКА**

**наукового семінару кафедри електронної інженерії**

#### **1. Актуальність теми дисертації**

У сучасних реаліях складних виробничих процесів індустрії, різноманіття шкідливих речовин у медицині, хімічних технологіях, харчовому виробництві постає проблема виявлення та моніторингу кількості широкого спектру шкідливих органічних речовин. Це легко може наражати на небезпеку персонал, що працює в цих галузях. Крім того, характерною проблемою є також моніторинг складу видиху людини для медичних досліджень, та виявлення окремих органічних газів, що можуть бути біомаркерами хвороб та патологічних станів. Вирішенням цієї проблеми може стати впровадження портативних сенсорів або детекторів газів, або цілої мережі таких сенсорів. Основними їх особливостями повинні стати простота використання, висока чутливість та швидкодія.

Використання рідкокристалічних холестерико-нематичних сумішей для виявлення газів, базується на їх оптичних властивостях, та зокрема фазових переходах таких сумішей. Відомо, що такі суміші мають температуру переходу в ізотропний стан, а також, що залежно від відсоткового співвідношення складників суміші, а також рівня або швидкості збільшення температури, швидкість фазового переходу змінюється. Аналогічно рідкокристалічні суміші поведуть себе і під дією газів. Основним принципом побудови такого сенсора є досліджена залежність швидкості фазового переходу від концентрації газу в об'ємі сенсора.

Створення таких сенсорів та детекторів на основі ефекту прояву блакитної фази є актуальною темою дослідження, що дасть змогу вирішити широку проблему з виявлення та моніторингу кількості деяких класів органічних

шкідливих речовин на виробництвах, в медицині та в інших галузях людської діяльності.

**2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри** Тема дисертації відповідає науковому напряму кафедри електронної інженерії Національного університету «Львівська політехніка». Дисертація виконана в межах науково-дослідної роботи «Створення сенсорної системи для визначення патологічних змін в організмі людини» (номер держреєстрації 0121U109504) (2021-2022).

**3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів** Основні результати роботи та положення, які відображають наукову новизну, одержано за безпосередньої участі автора, або автором самостійно. Автором особисто проведено експериментальні дослідження щодо порівняння властивостей рідкокристалічних холестерико-нематичних сумішей з різними ваговими концентраціями E7 та CB15. Проведено дослідження взаємодії рідкокристалічних сумішей з ацетоном та спиртами та надано пояснення залежностей фазових переходів від концентрацій парів цих речовин. Досліджено параметри та спектральні характеристики рідкокристалічних сумішей на основі E7 та оптично активної домішки CB15. Досліджено порівняльні ефекти абсорбції пари летючих органічних речовин та температури на фазові стани сенсорного матеріалу, зокрема суміші рідких кристалів E7 та CB15. Формування завдання та інтерпретацію отриманих даних проведено у співпраці з науковим керівником та співавторами наукових праць. Усі висновки та положення, що формують суть дисертації, сформульовані автором самостійно, на основі досліджень, що проводились в межах науково-дослідної роботи кафедри «Електронної інженерії».

**4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій** Експериментальні результати було отримано, використовуючи відповідну техніку та програмне забезпечення. Чисельні результати отримано за допомогою перевірених та апробованих математичних методів, які базуються на фундаментальних законах математики та фізики. Результати роботи демонструють добру узгодженість між собою, а також гарно корелюють з матеріалами публікацій інших авторів за даною тематикою.

**5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру**

- Вперше встановлено взаємодію парів ацетону ( $C_3H_6O$ ) з рідкокристалічними сумішами на основі нематика E7 (чотирикомпонентна суміш на основі терпенілів, 51% 5CB, 25% 7CB, 16% 8OCB, 8% 5CT) та оптико-активної домішки холестерика CB15 (4-(2-метилбутил)-4-ціанобіфеніл). Детально досліджено перехідні процеси, що відбуваються в чутливому елементі рідкокристалічного сенсору при взаємодії з парами ацетону, зміну спектральної характеристики та відмінності в швидкості фазового переходу для концентрацій ацетону в 60, 120, 240 ppm. При цьому тривалості фазових переходів складають 270 с для 60 ppm, 180 секунд для 120 ppm, та 150 секунд для 240 ppm.
- Досліджено взаємодію трьох спиртів (метилового, етилового та

ізопропілового спиртів) з рідкокристалічним чутливим елементом. Встановлено, що при цьому час переходу в порівнянні з ацетоном збільшується на 200-300%. Дія парів ацетону та спиртів на рідкокристалічну комірку призводить до зниження температури фазового переходу для суміші E7 56% + CB15 44% з 24 °C до 20,3 °C.

- Визначено оптимальні рідкокристалічні суміші для використання в якості чутливого елемента сенсорної системи, а саме суміші E7 62% + CB15 38% та E7 56% + CB15 44%. Проведено порівняння за основними параметрами та характеристиками рідкокристалічних холестерико-нематичних сумішей E7 та CB15 з різними ваговими концентраціями. Вони відповідають необхідному діапазону температурної стабільності, з початком фазового переходу при 27°C та 24°C відповідно, та проявляють чутливість до аналізованих речовин. Піки оптичного поглинання обраних сумішей знаходяться у видимому діапазоні, для E7 62% + CB15 38% - 590-640 нм, а для E7 56% + CB15 44% - 500-540 нм.
- Вперше виявлено прояв блакитної фази для суміші нематика E7 та оптико-активної домішки холестерика CB15 під дією парів шкідливих органічних речовин, зокрема ацетону та спиртів. Досліджено її прояви під час взаємодії з шкідливими органічними речовинами.

#### **6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації**

*В періодичних наукових фахових виданнях України:*

- Барило, Г., Микитюк, З., Кремер, І., Качурак, Ю., & Барило, Н. ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ВЗАЄМОДІЇ СУМІШІ РІДКИХ КРИСТАЛІВ З ВИПАРАМИ ЛЕТКИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК. Національний університет імені Михайла Остроградського. (Проведено дослідження тривалостей фазових переходів, при взаємодії рідкокристалічних сумішей з шкідливими органічними речовинами)

*В періодичних наукових фахових виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз:*

- Mykytiuk, Z., Barylo, H., Kremer, I., Ivakh, M., Kachurak, Y., & Kogut, I. (2022). Features of the transition to the isotropic state of the liquid crystal sensitive element of the gas sensor under the action of acetone vapor. *Physics and Chemistry of Solid State*, 23(3), 473-477. (Експериментально отримано залежності характеристик рідкокристалічного чутливого елемента при взаємодії з ацетоном)
- Mykytyuk, Z., Barylo, H., Kremer, I., Kachurak, Y., Samoilov, O., & Kogut, I. (2023). Nonlinear features of the transition of a liquid crystalline mixture into an isotropic state under the action of alcohol vapors. *Physics and Chemistry of Solid State*, 24(1), 64-69. (Отримання залежностей зміни характеристик рідкокристалічної комірки при взаємодії зі спиртами)
- I.A.Gvozдовskyu, Y.M.Kachurak, P.V.Vashchenko, I.A.Kravchenko, Z.M.Mykytyuk, (2023). Liquid crystal sensors for detection of volatile organic compounds: comparative effects of vapor absorption and temperature on the

phase state of the sensor material. *Funct. Mater.* 2023; 30 (2): 303-308. (Вивчено основні механізми дії органічних речовин на структуру рідкокристалічної комірки, та вперше описано виникнення переходу блакитної фази під дією спиртів)

- Z.M. Mykytyuk; Y.M. Kachurak; M.V. Vistak; I.T. Kogut; R.L. Politanskyi; O.Y. Shymchyshyn; I.S. Diskovskyi; P.V. Vashchenko. Induced blue phase of cholesteric-nematic mixtures under the action of acetone vapors. *Physics and Chemistry of Solid State*, V. 25, No. 1 (2024) pp. 109-113 (Досліджено взаємозв'язки зміни тривалості блакитної фази рідкокристалічної суміші від концентрації ацетону)

*В періодичних наукових виданнях інших держав включених до міжнародних наукометричних баз:*

- Mykytyuk, Z. M., Barylo, H. I., Kremer, I. P., Kachurak, Y. M., & Shymchyshyn, O. Y. (2024). Sensitive liquid crystal composites for optical sensors. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 768(2), 1-8. (Розроблено та досліджено холестерико-нематичні суміші, що складають основу рідкокристалічного чутливого елемента для виявлення ацетону та спиртів)

*Матеріалів конференцій:*

- Barylo, H., Ivakh, M., Kremer, I., Prystay, T., Kuchmiy, H., & Kachurak, Y. (2021, May). Optical Sensor Based on Data Fusion Concept. In 2021 IEEE XVIIth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH) (pp. 130-133). IEEE. (Розроблено систему на основі фоточутливого модуля, що слугує фотоприймачем в рідкокристалічному оптичному сенсорі ацетону та спиртів)
- Barylo, H., Holyaka, R., Kremer, I., Marusenkova, T., Kachurak, Y., & Adamiak, O. (2022, September). Models and Development of a Spectral Express Analyzer for MEMS Optical Systems. In 2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH) (pp. 53-56). IEEE. (Досліджено спектральні характеристики та проведено моделювання фотоприймача, який слугує оптоелектронним перетворювачем в системі сенсора)

#### **7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозиумах, семінарах тощо**

- Barylo, H., Ivakh, M., Kremer, I., Prystay, T., Kuchmiy, H., & Kachurak, Y. (2021, May). Optical Sensor Based on Data Fusion Concept. In 2021 IEEE XVIIth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH) (pp. 130-133). IEEE
- Mykytyuk, Z. M., Barylo, H. I., Kremer, I. P., Kachurak, Y. M., & Shymchyshyn, O. Y. Sensitive liquid crystal composites for optical sensors. The International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials" NANO-2022
- Mykytyuk Z.M., Shymchyshyn O.Y., Kychmii H.L, Kachurak Y.M. , Vistak M.V. Organic nanostructures for the creation of sensitive elements of explosive

substances. The International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials" NANO-2023 (Bukovel, Ukraine, 2023)

- Z.M. Mykytyuk, Y.M. Kachurak, M.V. Vistak, I.T. Kogut, R.L. Politanskyi, O.Y. Shymchyshyn, I.S. Diskovskyi, P.V. Vashchenko. Induced blue phase of cholesteric-nematic mixtures under the action of acetone vapors XIX International Freik Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems (ICPTTFN-XIX), Ivano-Frankivsk, Ukraine. (2023).

**8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати** Розроблено рідкокристалічний чутливий елемент оптичного сенсора та на його основі досліджено фізичну взаємодію рідкокристалічної суміші з ацетоном та спиртами. Вперше виявлено індукування блакитної фази під дією органічних речовин. Результати роботи можуть бути використані в навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка» під час проведення занять з курсу «Рідкокристалічна електроніка».

**9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані** На основі нових розробок та результатів, отриманих в процесі виконання дисертаційної роботи, можна розробляти сенсори для виявлення та вимірювання концентрації ацетону, спиртів, та схожих органічних речовин. Результати можуть бути застосовані в електронній промисловості, на виробництвах, медицині.

**10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення** Дисертаційну роботу викладено на 118 сторінках. Вона складається з вступу, 4 розділів, висновків та списку використаних джерел зі 128 найменувань. Мова та стиль викладення знаходиться на належному науково-технічному рівні, за структурою та оформленням повністю відповідає вимогам МОН України, відповідно до наказу №40 від 12.01.2017р.

**У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.**

**11. З урахуванням зазначеного, на науковому семінарі кафедри Електронної інженерії ухвалили:**

**11.1.** Дисертація Качурака Юрія Михайловича «Розробка рідкокристалічних чутливих елементів оптичних сенсорів для визначення концентрації парів ацетону та спиртів» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання з розробки та дослідження рідкокристалічних чутливих елементів для оптичних сенсорів ацетону та спиртів, що має важливе значення для галузі знань 17 *Електроніка та телекомунікації*.

**11.2.** Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні, достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.

**11.3.** У 14 наукових публікаціях повністю відображені основні результати

дисертації, з них 1 стаття у науковому фаховому виданні України; 1 стаття в іноземному науковому виданні, що включене до наукометричної бази Scopus; 7 статей у виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз, 5 тез доповідей наукових конференцій.

11.4. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами).

11.5. Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

11.6. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Качурака Юрія Михайловича дисертація «Розробка рідкокристалічних чутливих елементів оптичних сенсорів для визначення концентрації парів ацетону та спиртів» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:


за	-	<b>16 (шістнадцять)</b>
проти	-	(немає)
утримались	-	(немає)

Головуючий на науковому семінарі кафедри Електронної інженерії, зав. кафедри Електронної інженерії, *д.т.н., професор*

 Ірина ЯРЕМЧУК

Рецензенти:


(*д.т.н., професор*)

 Анатолій ДРУЖИНІН

(*д.т.н., професор*)

 Андрій ФЕЧАН

Відповідальний у ІТРЕ за атестацію PhD  
(*д.т.н., доцент*)

 Микола БЕШЛЕЙ

"23" лютого 2024р.