

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська політехніка»
доктору технічних наук, професору
СТАХІРІ Павлу Йосиповичу

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора ЦІЖА Богдана Романовича
на дисертаційну роботу КАЧУРАКА Юрія Михайловича
на тему «Розробка рідкокристалічних чутливих елементів оптичних
сенсорів для визначення концентрації парів ацетону та спиртів»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 171 «Електроніка»
в галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

Актуальність теми дисертації

Сучасні рідкокристалічні оптоелектронні пристрої широко застосовуються в багатьох галузях електроніки, зокрема в пристроях відображення інформації, системах обробки та передачі оптичного сигналу, сенсорній техніці, запам'ятовуючих елементах тощо.

Цим зумовлена постійна модифікація властивостей рідкокристалічних матеріалів. Зростаючі потреби електронної техніки все важче стає задовільняти класичними технологіями хімічного синтезу нових рідкокристалічних композицій. Перспективним напрямком створення активних середовищ рідкокристалічних оптоелектронних пристроїв, зокрема, газових сенсорів є впровадження рідкокристалічних чутливих елементів для виявлення газів на основі зміни тривалостей фазових переходів та проявів ефекту блакитної фази рідкокристалічних сумішей. Аналіз складу газової суміші видиху людини є важливим для діагностики захворювань шляхом виявлення різних типів та концентрацій цільових газів.

Тому проблема розробки стабільних рідкокристалічних холестерико-нематичних сумішей для виявлення газів на підставі зміни їх оптичних властивостей з використанням ефекту блакитної фази є **актуальною** науковою задачею, вирішенню якої присвячена дисертаційна робота Качурака Ю. М.

Актуальність дисертації підтверджується також її зв'язком з науковим напрямком кафедри «Електронної інженерії» Національного університету «Львівська політехніка», у т.ч. з держбюджетною науково-дослідною роботою «Ство-

рення сенсорної системи для визначення патологічних змін в організмі людини» (номер держреєстрації 0121U109504).

Поставлена в дисертації **мета** – створення та дослідження основних параметрів, переваг та недоліків чутливих елементів шкідливих органічних газів на основі рідкокристалічних холестерико-нематичних сумішей з виникненням блакитної фази – досягнута за рахунок аналізу існуючих розробок в галузі рідкокристалічних оптичних сенсорів, розробки нових активних середовищ з параметрами для використання в оптичних сенсорах газів, вивчення впливу органічних газів на оптичні характеристики холестерико-нематичних сумішей, визначення оптимального складу рідкокристалічної суміші для забезпечення стабільного функціонування сенсора на її основі та розроблення концепції побудови оптичного сенсора для виявлення шкідливих газів.

Найсуттєвіші наукові результати дисертаційного дослідження та їх новизна

Найсуттєвішими науковими результатами дисертаційної роботи на мою думку є наступні:

1. Синтезовано рідкокристалічні холестерико-нематичні суміші на основі нематика E7 та холестерика CB15, досліджено їх основні параметри і встановлено особливості їх взаємодії з ацетоном, метиловим, етиловим та ізопропіловим спиртами.
2. Досліджено перехідні процеси, що відбуваються в чутливому елементі рідкокристалічного сенсору газу при взаємодії з парами ацетону, а також зміну оптичних властивостей при цьому та відмінності в швидкості фазового переходу для різних концентрацій ацетону.
3. Виготовлено ефективні холестерико-нематичні суміші при взаємодії метилового, етилового та ізопропілового спиртів з рідкокристалічним чутливим елементом і показано, що при цьому час фазового переходу у порівнянні з дією ацетону збільшується на 200–300 %. Встановлено також, що дія парів ацетону та спиртів на рідкокристалічну комірку призводить до зниження температури початку фазового переходу для досліджуваної суміші з 24 до 20,3 °C.
4. Виявлено наявність 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.

5. Розроблено методика використання вимірювання інтенсивностей пропускання та поглинання рідкокристалічної суміші в трьох спектральних складових для виявлення фазових переходів, їх властивостей та особливостей, що є основною ідеєю роботи запропонованого оптичного сенсора газів.

Практичне значення результатів даної роботи полягає насамперед в тому, що проведенні дослідження можуть бути використані для серійного виробництва оптичних сенсорів газів з покращеними експлуатаційними параметрами у порівнянні з існуючими, зокрема, для аналізу складу газової суміші видиху людини, що є важливим для діагностики захворювань шляхом виявлення різних типів та концентрацій цільових газів і може бути основою розроблення розумних газових сенсорів, пов'язаних зі штучним інтелектом.

Загальна оцінка роботи

Дисертація Качурака Ю. М. є завершеною роботою, яка містить нові, науково обґрунтовані результати цілеспрямованих досліджень, викладені на 118 сторінках машинопису в 4 розділах, вона містить 62 рисунки, 10 таблиць та список використаної літератури із 155 найменувань.

В першому розділі дисертації “Аналіз сучасних досліджень рідкокристалічних оптичних сенсорів газів на основі блакитної фази” проаналізовано дослідження щодо розроблення оптичних сенсорів, де активним середовищем виступають рідкі кристали. Також розглянуто дослідження по тематиці блакитної фази рідких кристалів, методів її стабілізації та використання цього явища в оптичних сенсорах. Розглянуто сучасні підходи до розробки рідкокристалічних оптичних сенсорів із застосуванням ефекту блакитної фази. Перечислено основні недоліки для більшості представлених оптичних методів визначення газів. Показано перспективність робіт з дослідження рідкокристалічних чутливих елементів та сенсорів на їх основі і вказано, що такі дослідження стосуються питань покращення температурних характеристик блакитних фаз для розширення оптимального температурного робочого діапазону. Визначені завдання для дослідження рідкокристалічного чутливого елемента, над реалізацією яких необхідно зосередитися у подальших дослідженнях.

Другий розділі дисертаційної роботи “Синтез оптимальних холестерико-нематичних сумішей для застосування в якості чутливих елементів оптичних сенсорів газів та дослідження їх властивостей” присвячений дослідженню синтезованих автором рідкокристалічних сполук на основі нематичного рідкого кристалу E7 та холестеричної домішки CB15, які при взаємодії з парами ацетону та спиртів змінюють свої оптичні властивості. Показано, що в даній суміші хімічна взаємодія між її компонентами відсутня, що дозволяє розглядати її як однорідну рідкокристалічну матрицю. Було синтезовано чотири суміші з різними ваговими концентраціями складових і вибрано дві суміші, які найкраще відповідають вимогам для використання в якості чутливого елемента оптичного сенсора. Встановлено умови для подальшої модифікації суміші з метою покращення їх параметрів та можливості виявлення інших речовин, зокрема, при застосуванні вуглецевих нанотрубок для збільшення адсорбції речовини чутливим елементом, та можливості виявлення неорганічних сполук з молекулами малих розмірів, а також модифікація рідкокристалічних структур наночастинками золота, для досягнення довшого інтервалу існування блакитної фази і збільшення чутливості та порогових значень виявлення ацетону та спиртів.

В третьому розділі “Дослідження впливу парів спиртів і ацетону на спектральні характеристики рідкокристалічних сумішей та перехід у блакитну фазу” наведено результати досліджень взаємодії розроблених рідкокристалічних чутливих елементів з ацетоном, метиловим, етиловим та ізопропіловим спиртами при різних концентраціях. Розглянуто процеси абсорбції газів, впливу концентрації ацетону та спиртів на характеристики фазових переходів чутливого елемента, а також механізм впливу таких органічних речовин на зміщення температурного діапазону прояву блакитної фази. Встановлено умови фазового переходу блакитної фази, показано, що її існування під час фазового переходу зменшується лінійно, відповідно до збільшення концентрації ацетону. Встановлено, що спирти проявляють слабшу взаємодію з чутливим елементом, а тривалості фазових переходів збільшуються на 200–300 % при аналогічних концентраціях речовини в об’ємі сенсора. Досліджено основний механізм впливу ацетону та спиртів на рідкокристалічну комірку, який полягає в зменшенні порогової температури початку переходу в ізотропний стан. Отримані результати взаємодії досліджуваних сенсорних елементів з ацетоном та спиртами, чутливість до них рідкокристалічних сумішей, залежність від їх концентрації, часу прямого та зворотного фазових переходів, зниження температурного порогу

виникнення блакитної фази, дозволяють планувати подальше використання таких комірок в якості чутливих елементів рідкокристалічних оптичних сенсорів.

В четвертому розділі дисертації “Розробка високочутливих електрооптичних систем для виявлення парів ацетону та спиртів на основі рідкокристалічного чутливого елементу” запропоновано та досліджено варіант коенциї оптичного сенсора на основі розробленого рідкокристалічного чутливого елементу. Досліджено спектральний перетворювач для використання в парі з рідкокристалічним чутливим елементом. На основі фотоприймального модуля запропоновано варіант реалізації оптичного сенсора ацетону та спиртів. Запропоновано концепцію та створено тестовий варіант електронного сенсора, що дозволяє на основі зміни швидкості фазового переходу і розташування характеристичних точок такого переходу визначати концентрації ацетону та спиртів. Здійснено дослідження та оптимізацію моделі трикомпонентного RGB перетворювача, що планується до використання як складова частина такого сенсора. Перевагою наведеної системи є можливість простого розширення функціоналу шляхом удосконалення або повної заміни чутливого елементу та подальше застосування для виявлення інших газів, окрім ацетону та спиртів. Приведено загальну структуру, параметри та принципи функціонування тестового зразка сенсорної системи на основі вибраного мікроконтролера.

Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень і висновків дисертаційної роботи

Основні результати дисертаційного дослідження повністю опубліковані у фахових наукових періодичних виданнях, широко обговорювалися за участю автора на профільних наукових конференціях міжнародного рівня. Для проведення досліджень автор використав сучасні, добре апробовані й адекватні до задач, що вирішуються, технологічні й експериментальні методики. У тій частині проведених досліджень, де результати автора перекриваються з відомими літературними даними, вони добре узгоджуються з ними. Все вищезазначене забезпечує **обґрунтованість** та **достовірність** одержаних наукових результатів та сформульованих на їхній основі висновків дисертаційної роботи.

Апробація роботи проходила на авторитетних наукових форумах. Публікації автора в наукових журналах та матеріалах конференцій відображають суть виконаних досліджень та представлених в дисертації результатів.

Анотація дисертації повністю відповідає її змісту, вона адекватно передає основні наукові результати дисертанта.

Зауваження щодо дисертаційної роботи

Попри те, що у дисертаційному дослідженні Качурака Ю. М. одержано низку цікавих і важливих наукових і практичних результатів, сама робота не позбавлена певних вад. До таких, на мою думку, можна віднести наступні.

1. В п. 2.1 дисертаційної роботи (с. 48) автор пише про зміщення екстремумів оптичного поглинання в залежності від вмісту холестеричної добавки в нематико-холестеричній суміші та використання цього ефекту для оптимізації складу суміші, однак самої оптимізації на основі даного ефекту не представлено.
2. В п. 2.2 дисертації автор описує залежність величини кроку спіралі досліджуваних нематико-холестеричних сумішей від вмісту холестеричної домішки, однак не приводить самих значень кроку спіралі, а представляє лише спектральні залежності їх оптичного поглинання. Бажано було б представити концентраційні залежності величини самого кроку спіралі.
3. В дисертаційній роботі слід було привести робочі параметри відомих сенсорів ацетону, метилового, етилового та ізопропілового спиртів і порівняти їх із прогнозованими експлуатаційними характеристиками пропонованих автором оптичних сенсорів газів на основі досліджуваних рідких кристалів, вказати їх переваги і недоліки.
4. На рис. 4.12 дисертації (с.102) показана структура запропонованого автором тестового оптичного блоку сенсора. Бажано було б представити макет або конструкцію самого сенсора.
5. Дисертаційна робота Качурака Ю. М. написана грамотно і в доступному стилі. До недоліків можна віднести поодинокі стилістичні огріхи та описки, наприклад, в п.2.2 і 2.3 замість слів рисунок 3 і рис. 4 повинно бути рис.2.6 і рис.2.8; на с. 100 має бути [127] замість [128].

Однак ці зауваження не мають вирішального впливу на загальну позитивну оцінку дисертації та не применшують її наукової та практичної цінності.

Все вище сказане дозволяє зробити висновок, що представлена дисертаційна робота «Розробка рідкокристалічних чутливих елементів оптичних сенсо-

рів для визначення концентрації парів ацетону та спиртів» є завершеною науково-дослідницькою роботою, яку виконано на високому науковому рівні із застосуванням сучасних експериментальних методів і повністю відповідає вимогам МОН України, які висуваються до робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а її автор, Качурак Юрій Михайлович, заслуговує присвоєння йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 171 «Електроніка».

Офіційний опонент, доктор технічних наук,
професор, завідувач кафедри загальнотехнічних
дисциплін Львівського національного
університету ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Б. Р. Ціж

Підпис проф. Б. Р. Ціжа завіряю

Вчена секретарка Львівського національного
університету ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького
кандидатка сіл.-госп. наук, доцентка



І. М. Сливка