

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

ВІДГУК

офіційного опонента

**доктора фізико-математичних наук, професора,
провідного наукового співробітника ІСМА НАН України
ЛИСЕЦЬКОГО Лонгіна Миколайовича**

на дисертаційну роботу

КАЧУРАКА Юрія Михайловича

«Розробка рідкокристалічних чутливих елементів оптичних сенсорів для визначення концентрації парів ацетону та спиртів»,
подану до захисту у разову спеціалізовану вчену раду
Національного університету «Львівська політехніка»
на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 171 – Електроніка
галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації

Актуальність обраної теми дисертації. Одним з важливих напрямків сучасної електроніки, поряд з розвитком засобів відображення, обробки та збереження інформації, є також і розробка сенсорних приладів для моніторингу навколишніх об'єктів. Дещо поступаючись за значимістю радіаційному моніторингу, значне місце займає і моніторинг хімічного складу повітря та інших газових середовищ, що є важливим і з безпекових, і з екологічних, і медичних міркувань. Серед сенсорних матеріалів, які застосовуються для детектування парів

шкідливих речовин та аналізу газових сумішей, певне місце займають і рідкі кристали (РК), які за багатьма параметрами є вельми перспективними. Останніми роками фізика і хімія РК зробила значні кроки вперед, забезпечивши потенціальні напрямки використання широкою номенклатурою мезогенних речовин та впорядкованих РК-фаз. Наступні кроки очікувались якраз від електроніки, яка повинна була забезпечити перехід від опису явищ на фізико-хімічному рівні до створення прототипів реальних приладів з використанням базованих на РК сенсорних елементів. Саме цьому і присвячена дисертація Ю.М.Качурака, метою якої було створення та дослідження основних параметрів, переваг та недоліків чутливих елементів шкідливих органічних газів на основі рідкокристалічних нематико-холестеричних сумішей, фазовий стан і оптичний відгук яких є чутливим до дії певних детектованих факторів. Тому тема дисертації є безумовно актуальною і важливою і як задача прикладної електроніки з чітко визначеними практичними застосуваннями, так і з точки зору наукового значення її матеріалознавчих і фізико-хімічних аспектів.

Загальна характеристика роботи та отриманих у ній результатів. Робота викладена за класичною схемою і складається з 4-х розділів.

У **вступі** обґрунтовано актуальність та практичну важливість теми дисертації, досить чітко сформульовано мету та задачі досліджень, коротко описано використані методи, сформульовано положення наукової новизни та оцінено передбачувану практичну цінність результатів. Наведено дані про апробацію роботи та публікації автора, чітко виокремлено особистий внесок здобувача в отримання результатів, викладених в дисертаційній роботі.

В **першому** розділі викладено огляд і аналіз сучасних досліджень і розробок щодо аналізу газових сумішей та детектування парів органічних речовин за допомогою сучасних оптичних методів, зокрема, з використанням виняткових

оптичних властивостей РК. Основну увагу приділено огляду сучасних оптичних сенсорів газів та питанням, пов'язаним з певними компонентами газових сумішей як маркерів певних медичних станів. Відомості про рідкокристалічний стан речовини як в історичному, так і в сучасному аспекті. Описано відомі підходи з використанням холестеричних РК, причому приділено значну увагу аналізу літератури про т.зв. «блакитну» фазу, яка вважається перспективною для використання в сенсорних матеріалах. Розділ завершується чітким формулюванням задач роботи, що виникають на основі аналізу досягнутого науково-технічного рівня.

Другий розділ присвячено оптимізації холестерико-нематичних сумішей з точки зору їх застосування як сенсорних матеріалів для оптичних детекторів компонентів газових сумішей. Детально обгрунтовано вибір нематичної суміші E7, з аналізом її спектральних характеристик з урахуванням внесення оптично активних компонентів для забезпечення потрібних характеристик. Детально досліджено температурно-концентраційні залежності крок холестеричної спіралі, із визначенням оптимальних складів для подальших досліджень. Важливим моментом є узгодження спектральних характеристик РК-систем з наявними світлодіодними та іншими елементами для досягнення максимальних параметрів розроблюваних систем детектування.

В третьому розділі автор описує експериментальні дослідження впливу речовин-маркерів в газовій фазі на спектральні характеристики оптимізованих холестеричних РК-сумішей. Дано теоретичний опис процесу абсорбції маркерів РК-сумішшю на основі уявлень фізичної хімії розчинів, що забезпечило певну теоретичну базу для інтерпретації отриманих експериментальних результатів. Проведено аналіз залежностей оптичного пропускання від часу дії газової суміші на РК-матрицю, які співставлено з відповідними залежностями від температури та інтерпретовано на основі уявлень про послідовні фазові переходи в РК-системі за

схемою «холестерична фаза – блакитна фаза – ізотропна фаза». При цьому маркерними компонентами слугували ацетон, етанол, метанол та ізопропанол, що можна вважати досить репрезентативною вибіркою для моделювання дії маркерних речовин в системах детектування. Цікавою є також згадка про зворотний процес і оборотність детектора внаслідок подальшої десорбції (що є важливим з точки зору майбутніх розробників практичних приладів на цій основі). Далі наведено аргументи на користь ролі «блакитної фази» у визначенні деталей отриманих залежностей відгуку, і чітко сформульовано кількісні параметри, необхідні для розробки відповідних пристроїв детектування на цій основі.

В четвертому розділі здобувач безпосередньо повертається до своєї конкретної задачі – розробки відповідного електронного пристрою – і робить всі необхідні кроки, базуючись на фундаментальних фізико-хімічних результатах розділів 2 і 3. Представлена схема тестового модуля (рис.4.2) виглядає вповні обґрунтованою, а подальші спектральні залежності та електронні схеми свідчать про досить глибокий рівень, на якому були пророблені відповідні задуми.

Хотілося б окремо підкреслити кілька результатів роботи, які, на мою думку, мають велике значення як з точки зору цієї конкретної науково-технічної задачі, так і як певні роздуми для подальшого розвитку цього вельми перспективного напрямку.

Використання RGB-сенсорів оптичного пропускання є безумовним елементом новизни – практично в усіх попередніх роботах з використання холестеричних РК для детектування парів мали справу лише з піком селективного поглинання – зараз ми маємо істотне розширення можливостей.

В цій дисертації фактично вперше виявлено індукування «блакитної фази» внаслідок дії відповідних парів – хоч це і результат не з електроніки, а скоріш з фізичної хімії, але це підтверджує високий науковий рівень роботи.

Висока взаємоузгодженість всіх отриманих результатів свідчить про хорошу функціональну працездатність схемотехнічних рішень, застосованих автором.

Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях. Основні результати роботи викладено в дев'ятьох статтях, опублікованих в міжнародно визнаних журналах і внесених в базу даних Scopus та/або у відповідний переліку МОН України. Також було проведено апробацію роботи на кількох представницьких наукових конференціях, де представлені результати викликали значний інтерес наукової громадськості.

Значущість дослідження для науки і практики. Результати роботи становлять певний значний крок до створення ефективних та високочутливих детекторів газових сумішей, зокрема, індикаторів маркерних речовин в медичних застосуваннях. Отримані результати з оптимізації складу РК-композицій та механізмів дії парів на фазові стани РК-систем мають наукове значення для фізики рідких кристалів та конденсованих систем, фізичної хімії та матеріалознавства.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації. Детальний аналіз дисертації викликає також і певні питання та зауваження.

1. На стор.53 і 61 мова йде про «інтенсивність пропускання на R,G та B-лініях». На стор.93 згадуються «R, G та B світлодіоди». На рис.4.10 (стор.98) надано «нормовані спектральні характеристики фотодіодного модуля». Але не надано детального опису конкретних світло/фотодіодних елементів, які забезпечують відповідну дискримінацію, зокрема, в експериментах розділу 3, що було б бажаним для можливості відтворення і продовження таких експериментів в інших лабораторіях.
2. В розділі 2.3 після першого абзацу треба було б надати схему експериментальної установки з детальним поясненням всіх елементів. Як мінімум, хоча б базуючись на рис.3 статті автора в збірці Кременчуцького

університету. А насправді треба б доповнити деталями, що безпосередньо описують подачу газу у вимірювальну камеру – з якимись вказівками на гідро-аеро-динаміку (тиск/швидкість подачі газу, товщина/довжина/матеріал з'єднувальних трубок, стабілізація температури тощо) – бо над розробкою подібних систем працюють і багато інших дослідників.

3. В розділі 2 автор зосередився на температурних залежностях RGB-пропускання (рис.2.8, 2.9). Але цікаво було б подивитися і на відповідні зміни характеристик спірального закручування, наведених на рис.2.6, 2.7.
4. Мабуть, треба було б більш детально зупинитися на порівняльному аналізі температурних і концентраційних залежностей вимірюваних оптичних параметрів в розділах 2 і 3. Припускаю, що у автора були певні проблеми з термостабілізацією експериментальної комірки, що зробило отримані результати фактично лише якісними, без можливості кількісного порівняння (хоча сумнівів у принциповій правильності висновків немає).

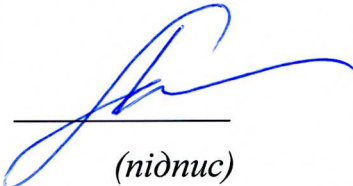
Вказані зауваження не є істотними і не знижують загальну позитивну оцінку роботи.

Відсутність порушень академічної доброчесності. Жодних ознак можливого плагіату або інших порушень академічної доброчесності не виявлено.

Загальний висновок та оцінка дисертації. Вважаю, що за актуальністю, новизною, рівнем і достовірністю отриманих наукових результатів дисертація Качурака Ю.М. «Розробка рідкокристалічних чутливих елементів оптичних сенсорів для визначення концентрації парів ацетону та спиртів» повністю відповідає всім вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого

постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Качурак Юрій Михайлович, безумовно заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 171 “Електроніка” галузі знань 17 “Електроніка та телекомунікації”.

Офіційний опонент:



(підпис)

Лонгін ЛИСЕЦЬКИЙ

Підпис засвідчую:

Учений секретар

ІСМА НАН України, к.т.н.



Юрій ДАЦЬКО