

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Національного університету  
«Львівська політехніка»  
д.т.н., проф. Клим Г.М.

## РЕЦЕНЗІЯ

професора кафедри напівпровідникової електроніки  
Інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки  
Національного університету «Львівська політехніка»  
д.т.н., проф. Ховерка Юрія Миколайовича  
на дисертаційну роботу  
**Греба Василя Миколайовича**  
на тему «**Модифікація структури та властивостей матеріалів  
функціональної електроніки на основі кобальтитів рідкісноземельних  
елементів**»,  
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю  
153 «Мікро- та наносистемна техніка».

Сучасне напівпровідникове приладобудування формує дедалі жорсткіші вимоги до вартості та відтворюваності виробництва, що ставить перед технологіями складні завдання по вдосконаленню технології отримання та модифікації властивостей якісних матеріалів. Дослідженню та розробці таких, актуальних в даний час, завдань присвячена дисертаційна робота Греба В.М., у якій запропоновані технології керованого та прогнозованого високотемпературного спікання та золь-гель методу створення перовскитів, в яких часткове чи повне заміщення катіонів в їх структурі веде до істотної зміни кристалічної структури, каталітичних, магнітних та електрофізичних властивостей матеріалів. Такі матеріали є першочерговими потенційними кандидатами для застосування у термоелектриці, сенсорах газів, каталізаторах, твердооксидних паливних комірках, тощо. З огляду на це, вважаю, що актуальність дисертаційного дослідження Греба В.М. не викликає сумніву.

Таким чином, тема дисертаційних досліджень Греба В.М., яка присвячена встановленню впливу зміщення металів в катіонних позиціях перовскитної комірки на кристалічну структуру, термічне розширення та температури спін-спінових, магнітних та діелектрик-метал переходів і встановлення принципів прогнозованого керування властивостей потенційних матеріалів функціональної електроніки на основі кобальтитів РЗЕ є актуальною.

В основу дисертації Гребя В. М. покладено широкий спектр робіт, починаючи від синтезу твердих розчинів на основі кобальтитів рідкісноземельних елементів  $R_{1-x}R'_xCoO_3$ ,  $RCo_{0.5}Cr_{0.5}O_3$  та  $RCo_{1-x}Ga_xO_3$  методами висотемпературного твердофазного спікання та методами золь-гель, які дозволяють досить гнучко в процесі синтезу змінювати склад вихідної структури на основі дрібнодисперсних порошоків оксидів, включаючи дослідження їх властивостей за допомогою рентгеноструктурних досліджень з використанням дифрактометрів ДРОН-3М та Гіньє G670 (в НУ «Львівська політехніка» та за кордоном в Інституті Макса Планка, Німеччина), закінчуючи аналізом результатів структурних та фазових досліджень, магнітних, спін-спінових та діелектрик-метал переходів, термічної деформації внаслідок впливу ізовалентного заміщення металів в катіонних позиціях кристалічної структури. Метою дисертаційних досліджень було встановлення впливу ізовалентного заміщення А- та В-катіонів на кристалічну структуру, її термічне розширення, деформацію перовскитної комірки, структурні та спін-спінові, магнітні, діелектрик-метал фазові переходи у твердих розчинах на основі кобальтитів РЗЕ  $R_{1-x}R'_xCoO_3$ ,  $RCo_{0.5}Cr_{0.5}O_3$  та  $RCo_{1-x}Ga_xO_3$  для їх потенційного використання у пристроях мікро- та наносистемної техніки. Вважаю, що мета дисертаційних досліджень Гребом В.М досягнута повністю.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 239 сторінок, а основна частина дисертаційної роботи – 141 сторінку. Робота містить 112 рисунків, 15 таблиць, 191 бібліографічне найменування, 5 додатків.

В Першому розділі представлено результати досліджень кристалічної структури, термічного розширення та функціональних властивостей кобальтитів, хромітів, галатів РЗЕ та твердих розчинів на їх основі. Детально розглянуто вплив температури на спін-спінові переходи іонів  $Co^{3+}$ . В цьому розділі дисертантом була проведена кропітка робота, пов'язана з пошуком та аналізом наукової літератури за темою дисертації, що у подальшому дозволило йому кваліфіковано інтерпретувати власні результати.

Другий розділ можна охарактеризувати як технологічно-методичний розділ, в якому необхідно відмітити методіку вимірювання магнітної сприйнятливості зразків  $La_{1-x}Pr_xCoO_3$  та  $La_{1-x}Gd_xCoO_3$  в області низьких температур за допомогою магнітометра Quantum Design SQUID.

Третій розділ присвячений дослідженню та аналізу експериментальних даних структури та магнітних властивостей матеріалів на основі кобальтитів рідкісноземельних елементів.

Четвертий розділ охоплює експериментальні дослідження коефіцієнта термічного розширення твердих розчинів  $R_{1-x}R'_xCoO_3$ ,  $RCo_{0.5}Cr_{0.5}O_3$  та  $RCo_{1-x}Ga_xO_3$  у широкому діапазоні температур.

У додатках наведено численні параметри кристалічних структур, такі як координати та ізотропні параметри зміщення атомів, міжатомні віддалі, емпіричні функції концентраційних та температурних залежностей параметрів елементарної комірки матеріалів на основі кобальтитів рідкісноземельних елементів.

Всі розділи дисертації логічно взаємопов'язані між собою, доповнюють одне одного, а ці складові частини в сукупності вирішують поставлені задачі в дисертації. Висновки дисертації відповідають поставленим задачам. Мова та стиль викладення забезпечують доступність сприйняття і відповідність вимогам.

Справляє враження кількість апробованих на конференціях результатів досліджень та опублікованих наукових статей в рейтингових закордонних наукових журналах таких як *Physica B Condensed Matter*, *Physica Status Solidi B*, *Nanoscale Research Letters*, *Low Temp. Phys (AIP)*, які належать до 1-2 квартилів і входять до переліку *Master Journal List*, що свідчить про обрнтованість та актуальність досліджень, проведених дисертантом.

Основні результати досліджень опубліковано у 28 наукових працях, зокрема у монографії та 6 статтях, серед яких 1 – у періодичних виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз *Scopus* та/або *Web of Science*, 5 – у наукових виданнях інших держав, що включені до баз *Scopus* та/або *Web of Science*; 3 публікації у матеріалах конференцій, що були проіндексовані у наукометричних базах *Scopus* та/або *Web of Science*, 18 публікації у матеріалах та тезах доповідей на міжнародних та українських конференціях

Не викликає сумніву і практичне значення одержаних результатів. Основні положення, викладені в дисертації можуть слугувати науковою основою для встановлення принципів прогнозованого керування властивостями потенційних матеріалів функціональної електроніки на основі кобальтитів РЗЕ, а також розроблення нормативних документів щодо впровадження та інтеграції модифікованих перовскитів в якості матеріалів термоелектрики, сенсорів газів, каталізаторів, тощо.

Підстав для сумнівів у науковій добросовістості і рівні наукової підготовки здобувача під час детального ознайомлення з дисертаційною роботою не виявлено. Узгодженість тексту дисертації із науковими працями дисертанта, що пройшли, зокрема, множинне рецензування, свідчить про відсутність ознак фальсифікації. Проведений аналіз основних ідей та методів, дотичних до тематики інших робіт містить відповідні посилання.

Дисертація тісно пов'язана з державними науковими програмами та пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки – робота виконувалась у відповідності до наукової програми Міністерства освіти і науки України в рамках держбюджетної теми «Нанокристалічні функціональні матеріали на

основі складних оксидів рідкісноземельних елементів» (№ 0116U004140). Наукові положення та результати дисертації також використовувалися в науково-дослідній роботі при виконанні гранту Міжнародного центру дифракційних даних (ICDD) 01-06 «Рентгенівські та синхротронні порошкові дані змішаних перовскитів».

Таким чином, подана до захисту дисертаційна робота свідчить про наукову зрілість дисертанта, його вміння бачити актуальні проблеми в галузі, готовність розв'язувати їх на достатньо високому науковому рівні. В цілому, дисертаційна робота Гребя В.М. за своїм змістом і формою є завершеним самостійним дослідженням та повністю відповідає паспорту спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка».

Позитивно оцінюючи наукове і практичне значення дисертаційної роботи, повинен відзначити, що мають місце деякі зауваження та побажання дискусійного характеру:

1. Для достеменного відображення вкладу дисертанта у загальне вирішення основної проблеми дисертаційних досліджень було б доцільно у секції особистий внесок здобувача навести номери власних публікацій з розділу «Список використаних джерел».
2. Порівнюючи результати дисертаційних досліджень, що окреслюються П.1 та П.3 наукової новизни роботи, можливо, більш детально відобразити яких саме прецизійних параметрів вперше синтезованих твердих розчинів кобальтинів РЗЕ було визначено, адже температура 298 К вказана в обох пунктах наукової новизни.
3. У П.3. загальних висновків незрозуміло для якого широкого діапазону (КТ – 1173 К) температур досліджено температурну поведінку понад 30 складів нових твердих розчинів, зважаючи на те, що у роботі наведені результати і нижче кімнатної температури.
4. Немає необхідності відобразити цитування у висновках до проведеного дослідження, чи аналізу експериментальних даних, адже всі необхідні посилання були приведені під час обговорення результатів в матеріалах самого розділу (Гл.3,4., висновки, ст.124, 166).
5. Утруднене сприйняття графічного матеріалу, в якому існує пересичення рисунками, а масштабування є мінімальним (наприклад, рис. 1.20, 3.21). Представлення результатів дослідження, можливо, доцільно було б розділити на декілька послідовно поданих графіків.
6. У роботі присутні огріхи стилістичного та граматичного характеру.

Однак, ці зауваження не ставлять під сумнів основні результати та висновки дисертаційної роботи і не знижують їх загальну оцінку, а можуть виступати рекомендаціями в подальших наукових дослідженнях автора.

## Висновок

Вважаю, що дисертаційна робота на тему «Модифікація структури та властивостей матеріалів функціональної електроніки на основі кобальтитів рідкісноземельних елементів» є закінченим науковим дослідженням, в якому розв'язана проблема прогнозованого та керованого впливу ізовалентного заміщення А- та В- катіонів на структурні та електрофізичні властивості твердих розчинів кобальтитів РЗЕ, що важливо для розвитку напрямку прикладного матеріалознавства. Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.17 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та КМ від 12 січня 2022 р. №44 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження доктора філософії» з останніми змінами, внесеними постановою КМ №341 від 21.03.2022 р. Автор дисертації Греб Василь Миколайович заслуговує присвоєння наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 153 «Мікро- та наносистемна техніка».

## Рецензент

доктор технічних наук,  
професор кафедри  
напівпровідникової електроніки  
Національного університету  
«Львівська політехніка»

Ховерко Ю.М.

Підпис проф. Ховерка Ю.М. засвідчую:

Вчений секретар  
Національного університету  
«Львівська політехніка»



Брилинський Р.Б.