

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертацію Бушкової Віри Степанівни

«Золь-гель синтез, структура та властивості заміщених феритів нікелю»,

представлену до захисту на здобуття наукового ступеня

доктора фізико-математичних наук зі спеціальності

01.04.18 – фізика і хімія поверхні

Актуальність теми. Стрімкий прогрес науки і техніки з кожним днем все більше загострює надзвичайно актуальну проблему синтезу магнітних матеріалів у нанорозмірному стані. Ферити зі структурою шпінелі є перспективними магнітними матеріалами, які характеризуються високою відносною магнітною проникністю, високим значенням намагніченості насичення і низькими діелектричними втратами на високих частотах. Ці матеріали широко застосовують у НВЧ-техніці, спінтроніці, біології та медицині. З феритів виготовляють магнітом'які, магнітотверді, магнітострикційні та з прямокутною петлею гістерезису осердя, а також магнітні головки, пристрої пам'яті та ін.

В останні роки одним із ключових напрямків функціональної електроніки є створення котушок індуктивності з покращеними магнітними характеристиками. Разом з тим, важливим є питання їх мікромініатюризації і повторюваності характеристик та параметрів, з чим виникають труднощі, що обмежують область їх застосування. Однак при створенні цілого ряду пристроїв електроніки обійтись без них неможливо, тому створення котушок індуктивності з дрібнодисперсними кристалітами є необхідними завданням для цілісного сприйняття роботи електронного пристрою. Тому фундаментальні дослідження у цій галузі є актуальними, а винесена на захист дисертація Бушкової В.С. «Золь-гель синтез, структура та властивості заміщених феритів нікелю» присвячена саме вирішенню вказаних проблем. Про актуальність дисертації також свідчать програми і теми МОН України і НАН України за підтримки яких виконувалась робота.

Дисертація складається з вступу, семи розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел та додатків, в яких наведено перелік публікацій автора за темою дисертації і відомості щодо апробації результатів роботи. Загальний обсяг дисертації становить 368 сторінок тексту, який включає 175 рисунків і 54 таблиці.

Висновки дисертації є належним чином аргументованими і повністю відображають основні результати досліджень автора.

Достовірність та ступінь обґрунтування наукових положень.

Достовірність одержаних результатів визначається: використанням комплексу сучасних взаємодоповнюючих експериментальних методик дослідження; порівнянням одержаних результатів з літературними даними, широкою апробацією та обговоренням отриманих результатів на наукових конференціях різних рівнів.

Наукові результати дисертації викладені у 56 наукових працях, з них 28 статей опубліковано у фахових журналах, 19 з яких – у наукових виданнях, які включено до міжнародних наукометричних баз Scopus та/або Web of Science, 24 матеріали доповідей на наукових міжнародних конференціях та 2 патентах на корисну модель.

Автореферат дисертації достатньо повною мірою відображає зміст опублікованих праць та аналогічний за змістом з головними положеннями дисертації. Дисертація є завершеним науковим дослідженням у рамках поставлених мети і завдань.

Наукова новизна. До найбільш важливих і нових наукових результатів, вперше отриманих дисертантом, можна віднести те, що у роботі:

1. Вперше показано, що під час ЗГА-методу синтезу заміщених йонами Cr^{3+} , Cd^{2+} та Co^{2+} феритів нікелю утворюються нанорозмірні частинки, розмір яких зменшується з ростом ступеня заміщення, при цьому заміщення йонами Cr^{3+} і Cd^{2+} веде до утворення частинок з розмірами 20 – 40 нм, а йонами Co^{2+} – до 40 – 55 нм, відповідно.

2. Вперше виявлено, що під час відпалу ЗГА-порошків фериту нікелю в температурному інтервалі 300 – 900 К розмір їх частинок збільшується на величину, яка не перевищує 15 %.

3. Вперше встановлено, що синтезовані ЗГА-методом та відпалені за температури 1573 К ферити з дрібними зернами мають на порядок вищу мікротвердість за їх аналоги, отримані керамічним способом за цієї ж температури. Для феритів системи $\text{Ni}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ за $x > 0,2$ характерний відкольний механізм руйнування зразків, в той час як для Ni-Cr та Ni-Co феритів він є міжзеренним.

4. Вперше встановлено, що магнітні властивості феритів, отриманих ЗГА-методом, залежать від розмірів кристалітів та порушення магнітного впорядкування на їх границях, в той час як електричні властивості визначаються розмірами зерен та структурою їх границь.

5. Вперше встановлено, що переважаючим типом носіїв заряду для феритів систем $\text{NiCr}_x\text{Fe}_{2-x}\text{O}_4$, $\text{Ni}_x\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ (за $x > 0,3$) є p-тип провідності, в

той час як у феритах систем $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$ і $Ni_xCo_{1-x}Fe_2O_4$ (за $x \leq 0,3$) реалізується n-тип провідності.

6. Вперше з'ясовано, що у досліджуваних феритах присутній ефект Гопкінсона, а температура Кюрі є нижчою на 15 – 20 К, у порівнянні з керамічними аналогами, що пов'язано з наявністю у кристалітах поверхневого шару товщиною до 2 нм з порушеною магнітною структурою.

7. Вперше встановлено, що за розміру кристалітів до 80 нм Ni-Cr, Ni-Cd та Ni-Co ферити переходять у однодомений стан. Встановлено, що ферит кобальту має вищу питому намагніченість насичення близько $100 \text{ A} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ завдяки наявності однодомених кристалітів з середніми розмірами 40 – 45 нм.

Також слід відзначити ряд отриманих автором нових результатів, які мають і вагоме **практичне значення**. Синтезовані матеріали можна застосовувати в різних сферах пов'язаних з наноматеріалами і нанотехнологіями, починаючи від електроніки до екології та медицини. Матеріали дисертації також можуть бути використані для читання спецкурсів при підготовці студентів фізичних, хімічних та матеріалознавчих спеціальностей.

При загальному позитивному враженні від дисертації у ній зустрічаються окремі недоліки:

1. Чи впливають поверхневі шари з порушеною магнітною структурою також на електричні властивості феритів?

2. Також бажано було б провести більш детальні дослідження залежності мікротвердості від температури відпалу феритів.

3. Чому зменшується температура Кюрі при збільшенні концентрації йонів хрому у фериті нікелю?

4. В дисертації є незначні орфографічні помилки, русизми, а на деяких позначеннях до рисунків є англомовні слова.

Вказані вище зауваження не стосуються висновків та наукових положень, що формують наукову новизну отриманих результатів, ніяким чином не зменшують наукову і практичну цінність, достовірність отриманих результатів та обґрунтованість основних висновків.

Таким чином, враховуючи високий науковий рівень роботи, актуальність теми, її наукову та практичну цінності, вважаю, що дисертація Бушкової В.С. «Золь-гель синтез, структура та властивості заміщених феритів нікелю» повністю відповідає вимогам МОН України до дисертацій, представлених на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.18 – фізика і хімія поверхні, п. 10-15 «Порядку

присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. (зі змінами згідно з ПКМУ № 656 від 19.08.2015 р.), а її авторка, Бушкова Віра Степанівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.18 – фізика і хімія поверхні.

Офіційний опонент:
завідувач кафедри загальної та прикладної фізики
Івано-Франківського національного технічного
університету нафти й газу,
доктор фізико-математичних наук, професор

 М.О. Галушак

Підпис д.ф.-м.н., проф. Галушак М.О. засвідчую:

  

Прикарпатський національний
університет ім. Василя Стефаника
№ ДБОР № 03-0115/855
15 10 2019