

А. В. Кривобок, аспірант

РОЗРОБКА СКЛАДІВ НІКЕЛЬ-ЦИНКОВОГО ФЕРИТУ З ВИСОКОЮ ДІЕЛЕКТРИЧНОЮ ПРОНИКНІСТЮ ДЛЯ РАДІОПОГЛИНАЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

Ключові слова: нікель-цинковий ферит, радіопоглинаючі матеріали, діелектрична проникність, магнітна проникність, модифікуючі добавки, бар'єрний механізм ємності Окадзакі.

Вступ. З розвитком науково-технічного прогресу пов'язано зростає негативний вплив небажаного електромагнітного випромінювання, захист від якого в Україні зустрічається рідко і фактично не регламентується [1]. В багатьох країнах прийняті вимоги і норми до електромагнітної сумісності, що поширені на технічні засоби схильні до впливу всіх видів електромагнітних перешкод і які є їх джерелом. До технічних джерел електромагнітного випромінювання відносяться радіостанції та радары, високовольтні лінії електропередачі, індукційні та мікрохвильові печі, високочастотні сушильні установки, люмінесцентної лампи, двигуни, установки для дугового зварювання, цифрові прилади, силова електроніка, електронно обчислювальні машини та інше. У зв'язку з зростаючими темпами впровадження у всі сфери життя суспільства і галузі економіки мікроелектроніки, обладнання інформаційних технологій і засобів радіозв'язку, що мають підвищену чутливість до електромагнітних перешкод, необхідний їх захист [2, 3]. Небажане електромагнітне випромінювання також є шкідливим для здоров'я людини, в деяких клінічних дослідженнях зазначалося, що даний тип впливу може стати причиною онкологічних захворювань [4–6].

Від захисту від небажаного електромагнітного випромінювання, або для маскуванню використовують радіопоглинаючі матеріали, як правило, це однорідні діелектричні або композиційні матеріали, структура та властивості яких визначають ефективність зниження потужності електромагнітної енергії, що падає на матеріал, в заданому діапазоні довжин хвиль. За принципом дії, конструкцією та використанням матеріалам радіопоглинаючі матеріали мають розгалужену класифікацію [7]. Зараз актуальною є розробка матеріалів та покриттів, здатних поглинати електромагнітне випромінювання в інтервалі від 10 кГц до 100 ГГц [8].

Феритові матеріали досить ефективно поглинають електромагнітне випромінювання, якщо при малих діелектричних втратах в частотному діапазоні випромінювання між природним феромагнітним резонансом і резонансом доменних границь є необхідна різниця дійсної і уявної частини магнітної проникності. Кожен з цих резонансів має місце у певній, характерній для нього області частот, що визначає смугу робочих довжин хвиль радіопоглинаючого феритового матеріалу. Зазвичай резонанс доменних границь у феритах спостерігається на частотах менше 500 МГц на верхній межі частотного діапазону і часто перекривається областю існування феромагнітного резонансу. Тому головним завданням при розробці складів феритів є забезпечення зниження частоти резонансу доменних границь в діапазон частот менше 100 МГц [9, 10].

Серед феритів найбільше застосування отримали Ni-Zn ферити, що ефективно поглинають випромінювання в діапазоні від 50 МГц до 1 ГГц. Для ефективного ослаблення потужності відбитого випромінювання в діапазоні частот електромагнітних хвиль у межах від 1 кГц до 50 МГц перспективними є матеріали, що поєднують високі значення магнітної (до 10 тисяч) та діелектричної проникності (до 50 тисяч). Досягнуті на сьогодні величини магнітної проникності феритів близькі до граничних значень, але існують технологічні можливості збільшення на кілька порядків діелектричної проникності. Як показали дослідження К. Окадзакі, діелектрична проникність феритів може бути підвищена за рахунок збільшення бар'єрної ємності, обумовленої вищим електроопором границь зерен [11].

Мета та постановка задачі дослідження. Метою роботи є дослідження впливу модифікуючих добавок та технологічних режимів на підвищення діелектричної проникності нікель-цинкового фериту в інтервалі частот до 100 МГц.

Задачею дослідження є оцінка впливу щільності, легуючих добавок та мікроструктури базового складу феритів на діелектричну проникність та радіопоглинаючі властивості.

Експериментальна частина. При проведенні досліджень для отримання нікель-цинкового фериту були використані реактивно чисті вихідні оксидні компоненти з вмістом основної речовини понад 99,6 мас. Fe₂O₃ (ГОСТ 4173-77) «чда», ZnO (ГОСТ 202-84) «чда», NiO (ГОСТ 17607-72) «чда». Приготування експериментальних зразків здійснювали за допомогою напівсухого пресування, що передбачає:

- змішування сировинних компонентів проводили шляхом сухого помелу у планетарному млині;
- шихту брикетували за допомогою пресування на лабораторному гідравлічному пресі ПРГ-10 під тиском 20 МПа, попередньо гранулюючи шляхом протирання через сито № 05;
- за необхідності сушку брикетів здійснювали у сушильній шафі до залишкової вологості не більше 1 %;
- з отриманої суміші синтезували феритову шихту в муфельній печі при температурі 900–1000 °С;
- синтезовану феритову шихту подрібнювали в шаровому млині сухим помелом, також на цьому етапі додавали модифікуючі добавки;
- з шихти, отриманої після основного помелу, виготовляли прес-порошки методом протирання через сітки з розміром комірки 1,0 мм;
- для виготовлення зразків пластин та циліндрів використовували лабораторні гідравлічні преси;
- випал феритових заготовок в муфельній печі при швидкості набору температури 10 град/хв, в інтервалі температур 1250...1350 °С; найтриваліша витримка при максимальній температурі становила 6 годин;
- підготовка зразків для дослідження основних фізико-механічних та електромагнітних властивостей зразків.

Для дослідження було обрано склад шихти для синтезу нікель-цинкового фериту, що відповідає формулі Ni_{0,3}Zn_{0,7}Fe₂O₄, а саме: оксид заліза (III) – 67,0 мас. %, оксид нікелю – 9,37 мас. % та цинкові білила – 23,81 мас. %.

Результати та їх обговорення. Рентгено-фазовий аналіз синтезованого при температурі 1000 °С порошку феритової шихти підтвердив повне протікання реакцій утворення твердих розчинів нікель-цинкового фериту. Зовнішній вигляд синтезованого фериту приведено на рисунку 1 а, а результати РФА, проведені на установці «Дрон-3», приведені на рисунку 1 б. Дослідні зразки синтезованого фериту досить легко піддавалися подрібненню, а в складі спостерігалися більш міцні агрегати розміром 2-3 мм, але це типово для синтезу феритів, та вирішується на етапі основної диспергації.

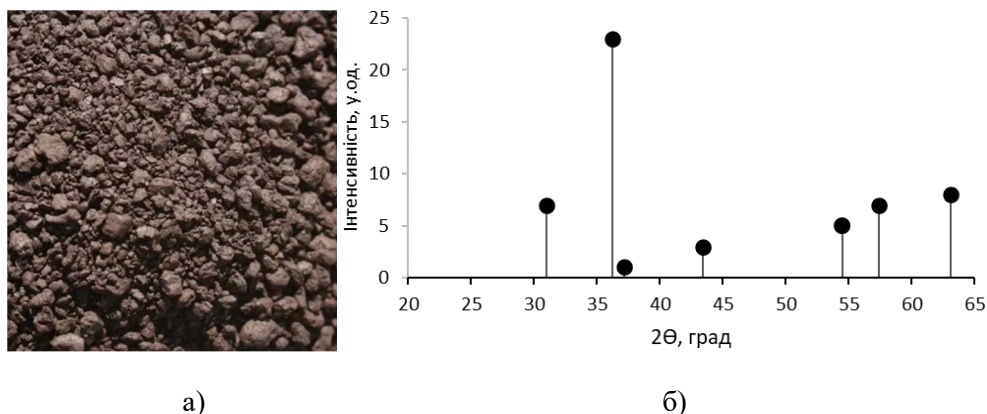


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд нікель-цинкового фериту (а), штрих-рентгенограма дослідного зразку (б) ● – твердий розчин $Ni_{0,3}Zn_{0,7}Fe_2O_4$

Ефективність дезагрегації шихти залежить від міцності агрегатів і, як правило, має бути забезпечено у процесі подрібнення вихідних компонентів та синтезованого феритового порошку. При цьому розміри первинних частинок практично не змінюються, а розміри агрегатів помітно знижуються, що призводить до підвищення насипної густини порошків і густини спечених заготовок [12]. Повноту дезагрегації при помелі порошків у цій роботі оцінювали по кінетиці збільшення насипної щільності $\rho_{нас}$ (рисунк 2). З рисунка видно, що збільшення кількості обертів сухого подрібнення шихти у планетарному млині до з 400 об./хв дозволяє скоротити тривалість подрібнення в 1,7–2,2 рази.

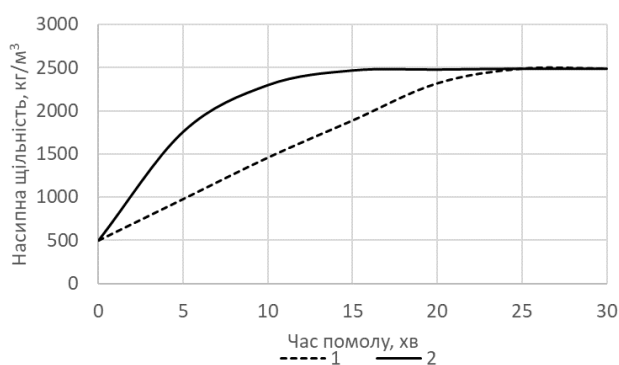
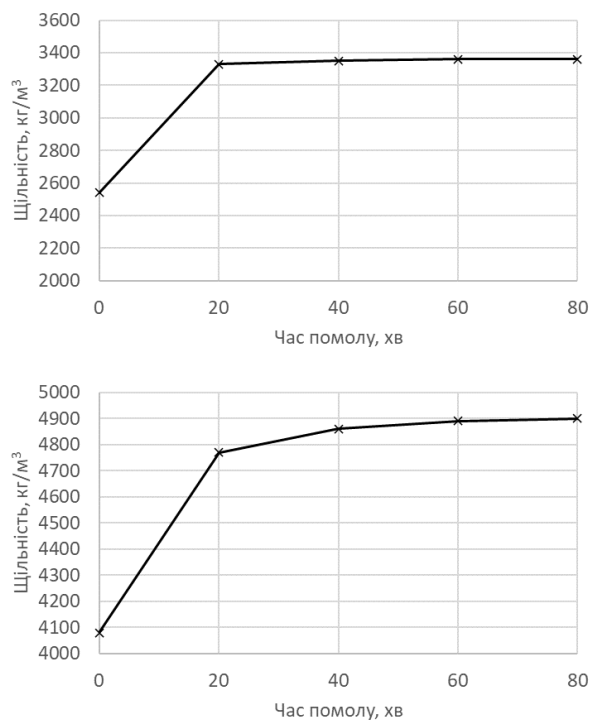


Рисунок 2 – Збільшення насипної щільності порошків Ni-Zn фериту в процесі обробки у планетарному млині: 1 – 200 об./хв; 2 – 400 об./хв

Дослідження підтвердили, що дезагрегація шихти дозволяє підвищити щільність сирих прес-заготовок та спечених виробів (рис. 3 а та б), тиск пресування складав 140 МПа.



а)

б)

Рисунок 3 – Вплив часу подрібнення Ni-Zn феритового порошку у планетарному млині при 400 об./хв на щільність: а) – до випалу, б) – після спікання при температурі 1260 °C

Дослідження показали, що збільшення частоти обертів планетарного млина з 200 об/хв до 400 об/хв, а відповідно й кінцевої щільності зразків, покращило радіопоглинаючі властивості феритів – збільшуючи магнітну та діелектричну проникність феритових зразків. Це також можна пояснити більш ефективним руйнуванням агрегатів і формуванням у феритах крупнозернистої мікроструктури з малою пористістю (рис. 4), густину змінювали змішуванням різних пропорцій шихти змеленої при 200 об/хв та 400 об/хв.

Ферити системи $\text{NiFe}_2\text{O}_4 - \text{ZnFe}_2\text{O}_4$ найбільш часто використовуються в якості радіопоглинаючого матеріалу досить високих значень їх магнітної та діелектричної проникності у поєднанні з високим питомим електроопором (до $10^6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$). Однак для розширення діапазону радіопоглинання у бік низьких частот необхідне підвищення магнітної та діелектричної проникності.

Загальна діелектрична проникність Ni-Zn феритів визначається середнім розміром зерен, товщиною міжзерених границь і діелектричною проникністю зернограничних шарів, при цьому великі значення відношення розміра зерна та зернограничного шару визначають аномально високі значення уявної діелектричної проникності феритів. Отже, для збільшення діелектричної проникності необхідно збільшити середній розмір зерен, і зменшити товщину зернограничних шарів, а також збільшити діелектричну проникність, власне зернограничного шару.

Дослідження показали, що невеликий надлишок Fe_2O_3 позитивно позначається на збільшенні діелектричної проникності Ni-Zn феритів. При цьому діелектрична проникність максимально збільшується при частоті 1 МГц, що сприятиме отриманню фериту з хорошими поглинаючими властивостями в цьому діапазоні, результати приведено на рисунку 5.

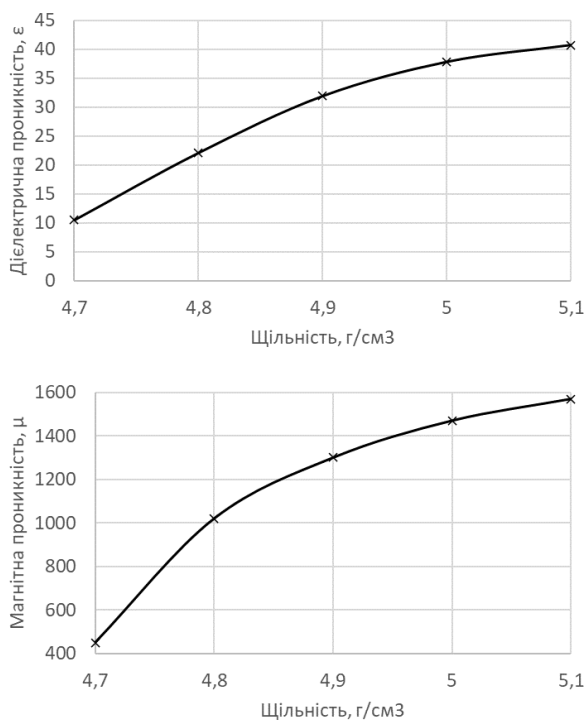


Рисунок 4 – Вплив густини дослідного фериту на магнітну (а) та діелектричну (б) проникність, при частоті $f = 1 \text{ кГц}$

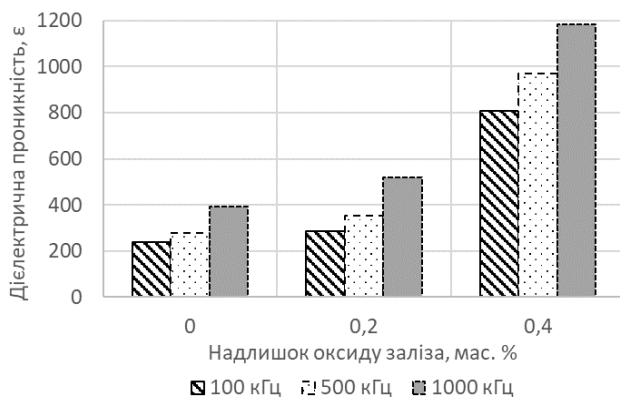


Рисунок 5 – Залежність діелектричної проникності дослідного складу фериту від надлишкової кількості Fe_2O_3 та частоти

Модифікування нікель-цинкового фериту оксидами титану і кальцію дало змогу підвищити діелектричну проникність зернограничних прошарків (рис. 6). Дослідження показало, на ймовірне виникнення напівпровідникової провідності зерен, що сприяє збільшенню рівня поглинання електромагнітного випромінювання при частотах менше 100 МГц. Це пояснюється збільшенням електричної ємності зернограничних шарів внаслідок дії описаного вище бар'єрного механізму Окадзакі.

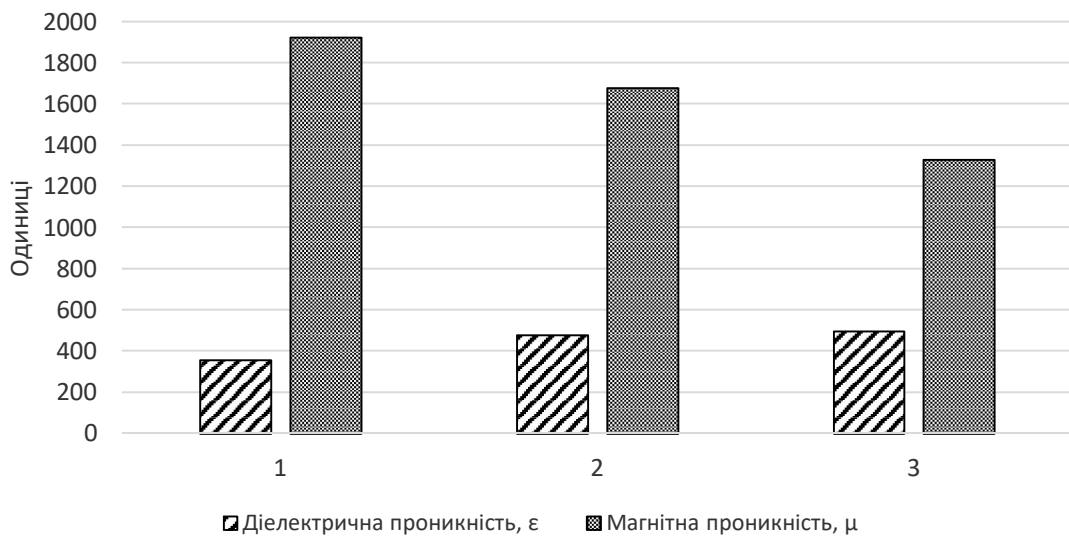


Рисунок 6 – Вплив добавок на значення діелектричної та магнітної проникностей дослідного фериту при частоті 100 кГц. 1 – без добавок, 2 – 0,5 мас % TiO_2 , 3 – 0,2 мас % CaO та 0,5 мас % TiO_2

Висновки. В роботі досліджено вплив модифікуючих добавок та технологічних параметрів виготовлення нікель-цинкового фериту $\text{Ni}_{0,3}\text{Zn}_{0,7}\text{Fe}_2\text{O}_4$ для радіопоглинаючих матеріалів. Оптимальним параметром змішування та подрібнення матеріалу на першій та другій стадіях є помел в планетарному млині при 400 об/хв тривалістю 20 хвилин. Що дає змогу отримати шихту оптимальної фракції та досягнути максимальної щільності сирцю та випаленого зразка 3370 та 4900 $\text{кг}/\text{м}^3$ відповідно.

Для пояснення отриманих властивостей феритів під впливом модифікуючих добавок, досліджено модель Окадзакі, згідно з якою різниця електропровідності зерен і зернограничного шару в області високих частот формує бар'єрну сміть. Дана модель пояснює зв'язок між параметрами мікроструктури та діелектричною проникністю, що на практиці виражено аномально високими значеннями діелектричної проникності феритів за рахунок збільшення різниці розміру зерен та товщини зернограничної фази.

Встановлено, що збільшення вмісту Fe_2O_3 в базовому складі понад стехіометрію забезпечує збільшення діелектричну проникність в 3–4 рази, що сприяє отриманню феритів з високим рівнем поглинання.

Модифікування нікель-цинкового фериту $\text{Ni}_{0,3}\text{Zn}_{0,7}\text{Fe}_2\text{O}_4$ оксидами кальцію та титану дало змогу підвищити на 70% діелектричну проникність, що сприятиме здвигу області поглинання в діапазон менших частот.

Література

1. Drobakhin, O.O. (2019, September). Microwave Methods for Monitoring Parameters of Dielectrics Developed in Ukraine: Overview. In 2019 XXIVth International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED) (pp. 6–10). IEEE.
2. Wanasinghe, D., & Aslani, F. (2019). A review on recent advancement of electromagnetic interference shielding novel metallic materials and processes. *Composites Part B: Engineering*, 176, 107207.

3. E. F. Vance, "Electromagnetic-Interference Control," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. EMC-22, no. 4, pp. 319-328, Nov. 1980, doi: 10.1109/TEMC.1980.8732948.
4. Zamanian, A., & Hardiman, C. J. H. F. E. (2005). Electromagnetic radiation and human health: A review of sources and effects. *High Frequency Electronics*, 4(3), 16–26.
5. Ansal, K. A., Jose, D. S., & Rajan, R. K. (2018, December). Review on biological effect of electromagnetic radiation. In 2018 International Conference on Circuits and Systems in Digital Enterprise Technology (ICCSDET) (pp. 1–5). IEEE.
6. Михайлин Ю.А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике. СПб.: Научные основы и технологии, 2013. 720 с.
7. Rouhi, M., Hajizadeh, Z., Taheri-Ledari, R., Maleki, A., & Babamoradi, M. (2022). A review of mechanistic principles of microwave absorption by pure and composite nanomaterials. *Materials Science and Engineering: B*, 286, 116021.
8. Yavuz, Ö., Ram, M. K., & Aldissi, M. (2008). Electromagnetic applications of conducting and nanocomposite materials. *The New Frontiers of Organic and Composite Nanotechnology*, 435–475.
9. Ранкис Г.Ж. Динамика намагничивания поликристаллических ферритов. Рига: Зинатне, 1981. – 186 с.
10. Liu, J., Zhang, L., & Wu, H. (2021). Electromagnetic wave-absorbing performance of carbons, carbides, oxides, ferrites and sulfides: review and perspective. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 54(20), 203001.
11. Окадзаки К. Технология керамических диэлектриков М. «энергия» 1976. – 336 с.
12. В.Г. Андреев, И.И. Канева, С.В. Подгорная, А.Н. Тихонов // Исследование влияния длительности измельчения порошков гексаферрита стронция на микроструктуру и свойства магнитов на их основе // Известия высших учебных заведений Материалы электронной техники // Москва МИСиС 2010. – вып.2. – С. 43–46.

Bibliography (transliterated)

1. Drobakhin, O.O. (2019, September). Microwave Methods for Monitoring Parameters of Dielectrics Developed in Ukraine: Overview. In 2019 XXIVth International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED) (pp. 6–10). IEEE.
2. Wanasinghe, D., & Aslani, F. (2019). A review on recent advancement of electromagnetic interference shielding novel metallic materials and processes. *Composites Part B: Engineering*, 176, 107207.
3. E. F. Vance, "Electromagnetic-Interference Control," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. EMC-22, no. 4, pp. 319-328, Nov. 1980, doi: 10.1109/TEMC.1980.8732948.
4. Zamanian, A., & Hardiman, C. J. H. F. E. (2005). Electromagnetic radiation and human health: A review of sources and effects. *High Frequency Electronics*, 4(3), 16–26.
5. Ansal, K. A., Jose, D. S., & Rajan, R. K. (2018, December). Review on biological effect of electromagnetic radiation. In 2018 International Conference on Circuits and Systems in Digital Enterprise Technology (ICCSDET) (pp. 1–5). IEEE.
6. Mikhailin Yu.A. Voloknistie polimernie kompozitsionnie materialy v tekhnike. SPb.: Nauchnie osnovy i tekhnologii, 2013. 720 p.

7. Rouhi, M., Hajizadeh, Z., Taheri-Ledari, R., Maleki, A., & Babamoradi, M. (2022). A review of mechanistic principles of microwave absorption by pure and composite nanomaterials. *Materials Science and Engineering: B*, 286, 116021.

8. Yavuz, Ö., Ram, M. K., & Aldissi, M. (2008). Electromagnetic applications of conducting and nanocomposite materials. *The New Frontiers of Organic and Composite Nanotechnology*, 435–475.

9. Rankis G.Zh. *Dinamika namagnichivaniya polikristallicheskih ferritov*. Riga: Zinatne, 1981. – 186 p.

10. Liu, J., Zhang, L., & Wu, H. (2021). Electromagnetic wave-absorbing performance of carbons, carbides, oxides, ferrites and sulfides: review and perspective. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 54(20), 203001.

11. Okadzaki K. *Tekhnologiya keramicheskikh dielektrikov M. «Energiya» 1976. – 336 p.*

12. V.G. Andreev, I.I. Kaneva, S.V. Podgornaya, A.N. Tikhonov // *Issledovanie vliyaniya dlitelnosti izmelcheniya poroshkov geksaferrita strontsiya na mikrostrukturu i svoystva magnetov ni ikh osnove*// *Izvestiya visshikh uchebnikh zavedenii Materiali elektronnoi tekhniki* // Moskva MISiS 2010. – vip.2. – P. 43–46.

УДК 661:537.226.86

А. В. Кривобок, аспірант

РОЗРОБКА СКЛАДІВ НІКЕЛЬ-ЦИНКОВОГО ФЕРИТУ З ВИСОКОЮ ДІЕЛЕКТРИЧНОЮ ПРОНИКНІСТЮ ДЛЯ РАДІОПОГЛИНАЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ

Розвиток електронного та електро-технічного обладнання відкладає слід у вигляді негативного впливу небажаного електромагнітного випромінювання, від якого захист в Україні рідко зустрічається і фактично не регламентується. В багатьох країнах існують вимоги до електромагнітної сумісності, що поширюються на технічні засоби, схильні до впливу електромагнітних перешкод та є їх джерелом. Зростаюча кількість технічних засобів, таких як радіостанції, радари, високовольтні лінії електропередачі та інші, потребує ефективного захисту від електромагнітного випромінювання. Це особливо важливо в умовах розвитку мікроелектроніки та інформаційних технологій, які мають підвищену чутливість до таких перешкод. Крім того, небажане електромагнітне випромінювання може бути шкідливим для здоров'я людини, сприяючи розвитку онкологічних захворювань. Від захисту від небажаного випромінювання використовуються радіопоглинаючі матеріали, серед яких ефективними є феритові матеріали. Зокрема, Ni-Zn ферити показують хороші результати в поглинанні випромінювання в діапазоні від 50 МГц до 1 ГГц. Зараз зростає затребуваність матеріалів з високою магнітною та діелектричною проникністю для зниження потужності відбитого випромінювання в діапазоні частот від 1 кГц до 50 МГц. Аналіз закордонних наукових публікацій показав, що діелектрична проникність феритів може бути підвищена за рахунок збільшення бар'єрної ємності, обумовленої підвищенням електроопору границь зерен.

В роботі досліджено вплив модифікуючих добавок та технологічних параметрів виготовлення нікель-цинкового фериту $Ni_{0,3}Zn_{0,7}Fe_2O_4$ для радіопоглинаючих матеріалів. Встановлено оптимальні параметри змішування та подрібнення матеріалу на першій та

другій стадіях, що забезпечує отримання випалених зразків з густиною близькою до теоретичної.

Для пояснення отриманих властивостей феритів під впливом модифікуючих добавок, приведено модель Окадзаки, згідно з якою різниця електропровідності зерен і зернограничного шару в області високих частот формує бар'єрну ємність.

Експериментально встановлено, що збільшення вмісту Fe_2O_3 в базовому складі понад стехіометрію, а також модифікування досліджуваного складу фериту оксидами кальцію та титану забезпечує збільшення діелектричну проникність, що сприяє отриманню феритів з високим рівнем поглинання в діапазон частот до 50 МГц.

Ключові слова: нікель-цинковий ферит, радіопоглинаючі матеріали, діелектрична проникність, магнітна проникність, модифікуючі добавки, бар'єрний механізм ємності Окадзаки.

А. В. Кривобок, аспірант

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ НИКЕЛЬ-ЦИНКОВОГО ФЕРРИТА С ВЫСОКОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ ДЛЯ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Развитию электронного и электротехнического оборудования сопутствует нежелательное электромагнитного излучения, защита от которого в Украине редко встречается и фактически не регламентируется. Во многих странах существуют требования к электромагнитной совместимости, распространяющиеся на технические средства, подверженные воздействию электромагнитных помех и являющиеся их источником. Растущее количество технических средств, таких как радиостанции, радары, высоковольтные линии электропередачи и другие, требует эффективной защиты от электромагнитного излучения. Это особенно важно в условиях развития микроэлектроники и информационных технологий, которые имеют повышенную чувствительность к таким помехам. Кроме того, нежелательное электромагнитное излучение может быть вредным для здоровья человека, способствуя развитию онкологических заболеваний. Для защиты от нежелательного излучения используются радиопоглощающие материалы, среди которых эффективными являются ферритовые материалы. В частности, Ni-Zn ферриты показывают хорошие результаты в поглощении излучения в диапазоне от 50 МГц до 1 ГГц. Анализ зарубежных научных публикаций показал, что диэлектрическая проницаемость ферритов может быть повышена за счет увеличения барьерной емкости, обусловленной повышением электросопротивления границ зерен.

В работе исследовано влияние модифицирующих добавок и технологических параметров изготовления никель-цинкового феррита $Ni_{0,3}Zn_{0,7}Fe_2O_4$ для радиопоглощающих материалов. Установлены оптимальные параметры смешивания и измельчения материала на первой и второй стадиях, что обеспечивает получение обожженных образцов с плотностью близкой к теоретической.

Для объяснения полученных свойств ферритов под влиянием модифицирующих добавок, приведена модель Окадзаки, согласно которой разница электропроводности зерен и зернограничного слоя в области высоких частот формирует барьерную емкость.

Експериментально встановлено, що збільшення вмісту Fe_2O_3 в базовому складі сверж стехіометрії, а також модифікування досліджуваного складу феррита оксидами кальцію та титану забезпечує збільшення діелектричної проникності, що сприяє отриманню феритів з високим рівнем поглинання в діапазон частот до 50 МГц.

способствует получению ферритов с высоким уровнем поглощения в диапазон частот до 50 МГц.

Ключевые слова: никель-цинковый феррит, радиопоглощающие материалы, диэлектрическая проницаемость, магнитная проницаемость, модифицирующие добавки, барьерный механизм емкости Окадзаки.

A. V. Kryvobok, postgraduate student

DEVELOPMENT OF NICKEL-ZINC FERRITE COMPOSITIONS WITH HIGH DIELECTRIC CONSTANT FOR RADIO-ABSORBING MATERIALS

The development of electronic and electrical equipment leaves a trace in the form of negative effects of unwanted electromagnetic radiation, from which protection in Ukraine is rare and is not actually regulated. In many countries, there are requirements for electromagnetic compatibility that apply to technical equipment that is exposed to and a source of electromagnetic interference. A growing number of technical devices, such as radios, radars, high-voltage power lines, and others, require effective protection against electromagnetic radiation. This is especially important in the context of the development of microelectronics and information technology, which are highly sensitive to such interference. In addition, unwanted electromagnetic radiation can be harmful to human health, contributing to the development of cancer. To protect against unwanted radiation, radio-absorbing materials are used, among which ferrite materials are effective. In particular, Ni-Zn ferrites show good results in absorbing radiation in the range from 50 MHz to 1 GHz. Nowadays, there is a growing demand for materials with high magnetic and dielectric constant to reduce the power of reflected radiation in the frequency range from 1 kHz to 50 MHz. An analysis of foreign scientific publications has shown that the dielectric constant of ferrites can be increased by increasing the barrier capacity due to an increase in the electrical resistance of grain boundaries.

In this work, the influence of modifying additives and technological parameters of manufacturing nickel-zinc ferrite $\text{Ni}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{Fe}_2\text{O}_4$ for radio-absorbing materials was investigated. The optimal parameters of mixing and grinding of the material at the first and second stages have been established, which ensures the production of fired samples with a density close to the theoretical one.

To explain the obtained properties of ferrites under the influence of modifying additives, the Okazaki model is presented, according to which the difference in the electrical conductivity of grains and the grain boundary layer in the high frequency region forms the barrier capacity.

It has been experimentally established that an increase in the Fe_2O_3 content in the basic composition beyond the stoichiometry, as well as modification of the studied ferrite composition with calcium and titanium oxides, provides an increase in the dielectric constant, which contributes to the production of ferrites with a high absorption level in the frequency range up to 50 MHz.

Keywords: nickel-zinc ferrite, radio-absorbing materials, dielectric constant, magnetic permeability, modifying additives, Okazaki barrier mechanism of capacitance.