Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0821U100114

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 25-01-2021

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Федорчук Олександр Петрович
2. Fedorchuk Oleksandr P.

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 153

Назва наукової спеціальності: Автоматизація та приладобудування. Мікро- та наносистемна техніка

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 19-01-2021

Спеціальність за освітою: Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої

Місце роботи здобувача: Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

Код за ЄДРПОУ: 05417383

Місцезнаходження: проспект академіка Палладіна, 32/34, м. Київ, Київська обл., 03142, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.002.014

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Перемоги, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Перемоги, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації:

Коди тематичних рубрик: 47.45.33, 29.19.41

Тема дисертації:

1. НВЧ ферити та композиційні резонансні елементи на їх основі з керованими властивостями
2. Microwave ferrites and composite resonance elements based on them with controlled properties

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена розробці методики синтезу нанорозмірних феримагнітних матеріалів зі структурою гранату та шпінелі при синтезі методом осадження з водних розчинів та розробці магнітокерованих композиційних резонансних елементів, які складаються з немагнітного високодобротного діелектричного резонатора та магнітної плівки на основі синтезованих магнітних наночастинок й можуть бути використані в якості невзаємних елементів (вентилі, циркулятори, фазообертачі), у системах безпровідного зв'язку: GSM, Wi-Fi, 5G, в радарних системах. В дисертації було синтезовано феритові матеріали методом співосадження з водних розчинів при постійному значенні pH. При синтезі фериту зі структурою гранату Y3AlFe4O12 використовувались чотири методики, пов'язані з порядком осадження гідроксидів відповідних металів. Проведені порівняльні дослідження властивостей синтезованих наночастинок феритів зі структурою гранату Y3AlFe4O12, показано вплив порядку осадження металів в

процесі синтезу на швидкість формування кристалічної структури фериту, властивості наночастинок та технологічність процесу осадження. Дослідження отриманих частинок показали, що вказані модифікації процесу синтезу сильно впливають на коефіцієнт фільтрації, від якого залежить час процесу фільтрації та відмивки частинок від небажаних продуктів реакцій (йонів Na+). При одночасному осадженні гідроксидів Fe та Al коефіцієнт фільтрації зріс втричі у порівнянні з випадком одночасного осадження всіх металів. Відмивання частинок проводилось для усунення йонів натрію в продукті, оскільки вони збільшують втрати на високих частотах. На основі синтезованих частинок отримана феритова кераміка. Завдяки властивостям синтезованих частинок феритів стало можливим спікання кераміки за температури 1350-1400oC, що на 100-150 oC нижче від температур, які, як правило, використовують при спіканні феритової кераміки із структурою гранату. Це дозволяє знизити вимоги до необхідного обладнання для спікання. Всі синтезовані керамічні зразки мають високу густину, схожі електрофізичні параметри, однак за шириною феромагнітного резонансу (ФМР) найкращими є зразки, виготовлені з частинок, отриманих при одночасному осадженні гідроксидів Fe та Al (методики 3, 4). Найбільш рівномірним розподіл атомів металів виявився для кераміки виготовленої з частинок, отриманих синтезом за методикою 3. При цьому дослідження магнітних властивостей свідчать, що намагніченість та коерцитивна сила для усіх зразків кераміки мало відрізняється, незважаючи на різницю в намагніченості частинок. Дана інформація свідчить, що структура гранату при термообробці, скоріше формується при використані частинок синтезованих за методикою №3. Методом осадження з водних розчинів було синтезовано ферити зі структурою шпінелі Ni1-xZnxFe2O4, x = 0; 0,25; 0,5; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1. Дослідження показали, що найвищу намагніченість мають частинки фериту складу Ni0,5Zn0,5Fe2O4. З використанням синтезованих частинок феритів зі структурою шпінелі Ni0,5Zn0,5Fe2O4 було виготовлено магнітокеровані композиційні резонатори у вигляді резонатора на основі BaTi4O9–ZnO резонатора з нанесеною на торець плівкою, яка складалась із нанорозмірних частинок фериту та фотополімеру. Плівки полімеризувались під дією ультрафіолетового (УФ) світла. Проводилась оптимізація товщини магнітних плівок. Вперше досліджено електрофізичні властивості отриманих композиційних елементів. Показано, що подібні структури відзначаються можливістю керування резонансною частотою внаслідок впливу зовнішнього постійного магнітного поля (феромагнітний резонанс) при збереженні достатньо високого значення добротності композиційного резонансного елементу. Зміщення складає порядку 71 МГц на частоті близько 11 ГГц при зміні напруженості магнітного поля в діапазоні H = 0-3500 E. Добротність резонансного елементу з магнітною плівкою знизилась у порівнянні з резонатором без магнітної плівки від 6100 до 1700 на частоті порядку 12,77 ГГц. Дослідження показали, що отримані композиційні резонатори є невзаємними елементами. Було здійснено моделювання вимірювальної комірки та композиційного резонатора за допомогою Ansys HFSS. Визначено, що при оптимальному її розміщенні у вимірювальній комірці (у точці максимуму магнітного поля) можливе досягнення прямих втрат порядку 0,2-0,8 дБ, при цьому невзаємність спектру передачі енергії на частотах ФМР лишається великою (від 34 дБ). Показано, що немагнітний діелектричний резонатор концентрує енергію в об'ємі магнітної плівки, внаслідок чого мала за об'ємом феритова плівка починає в рази сильніше впливати на властивості системи, в якій знаходиться композиційний резонансний елемент. Тому можна говорити про синергетичний ефект, який проявляється при роботі складових композиційного резонансного елемента. У порівнянні з іншими невзаємні елементами отримані резонатори мають такі переваги як простота виготовлення, широкі можливості мініатюризації та сумісність з планарною технологією.

2. The dissertation is dedicated to the development of the synthesis technique of nanosized ferromagnetic materials with the structure of garnet and spinel by the method of coprecipitation from aqueous solutions and to the development of magnetically tuned composite resonant elements consisted of a nonmagnetic high-quality dielectric resonator and of a magnetic film based on synthesized magnetic particles. This elements can be used as non-reciprocal elements (circulators, phase shifter), in wireless communication systems: GSM, Wi-Fi, 5G, in radar systems. Ferrite materials were synthesized in the dissertation by the method of coprecipitation from aqueous solutions at constant pH. In the synthesis of ferrite with the structure of the garnet Y3AlFe4O12 four approaches were used, this approaches were related to the order of deposition of the corresponding metals hydroxides.

Comparative studies of the properties of synthesized ferrite nanoparticles with the structure of the garnet Y3AlFe4O12 were carried out. Studies of the obtained particles showed that named modifications of the synthesis process strongly affect the filtration coefficient, affecting a time of the process of filtering and washing of particles from unwanted products of reaction (Na+ ions). With the simultaneous deposition of Fe and Al hydroxides the filtration coefficient increased threefold compared with the case of simultaneous precipitation of all metals. Particle washing was performed to eliminate the sodium ions in the product as they increase the loss at high frequencies. Ferrite ceramics were obtained on the basis of the synthesized particles. Due to the properties of the synthesized ferrite particles it was possible to sinter ceramics at a temperature of 1350-1400oC, that is 100-150oC lower than the temperatures that are usually used in the sintering of ferrite ceramics with garnet structure. It allowed to reduce the requirements to the necessary equipment. All synthesized ceramics samples have a high density, similar electrophysical parameters, but according to the width of the ferromagnetic resonance (FMR) the best samples made from particles obtained by simultaneous deposition of Fe and Al hydroxides (approach 3, 4). The most uniform distribution of metal atoms was for ceramics made from the material synthesized by the 3rd approach. In this case the investigations of magnetic properties indicate that the magnetization and the coercive force for all ceramic samples differ little, despite the notable difference in the magnetization of the particles. This information indicate that the structure of garnet during heat treatment was formed faster when when the particles synthesized by the approach №3 were used. Ferrites with the spinel structure Ni1-xZnxFe2O4, x = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95, 1 were synthesized by precipitation from aqueous solutions. Studies showed that the highest magnetization have ferrite particles of composition Ni0.5Zn0.5Fe2O4. Using synthesized ferrite particles with a spinel structure Ni0.5Zn0.5Fe2O4 magnetically tuned composite resonators were fabricated in the form of a BaTi4O9-ZnO-based resonator with an end face film consisting of nanosized ferrite particles and a photopolymer. The films were polymerized by ultraviolet (UV) light. The thickness of the magnetic films was optimized. Electrophysical properties of the obtained nonlinear elements were first investigated. It is shown that such structures has the ability to change the resonance frequency due to the influence of an external constant magnetic field (ferromagnetic resonance) while maintaining a sufficiently high value of Q-factor. The resonance frequency change reached the value of 71 MHz at a frequency of 11 GHz with a change in the magnetic field strength in the range H = 0-3500 E. Q-factor of the resonant element with a magnetic film decreased compared to a resonator without a magnetic film from 6100 to 1700 at the frequency of 12.77 GHz. Studies showed that the obtained composite resonators are non-reciprocal elements. The measuring cell and composite resonator were modeled using Ansys HFSS. It is determined that with its optimal placement in the measuring cell (at the point of the maximum of the magnetic field) it is possible to achieve direct losses of 0.2-0.8 dB, while the non-reciprocity of the energy transmission spectrum at FMR frequency (from 34 dB) remains large. It is shown that a non-magnetic dielectric resonator concentrates energy in the volume of a magnetic film, causing a small volume of ferrite film to affect significantly stronger the properties of the composite resonance element. Therefore, we can talk about the synergy of a work of the composite resonant element components. Compared to other non-reciprocal elements, the resulting resonators have such advantages as simplicity of manufacture, extensive miniaturization capabilities and compatibility with the planar technology.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:

Підсумки дослідження:

Публікації:

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації:

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Білоус Анатолій Григорович

2. Belous Anatolii Grigorievich

Кваліфікація: д. х. н., 02.00.01

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Рагуля Андрій Володимирович

2. Ragulya Andrii V.

Кваліфікація: д. т. н., 05.16.06

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Семікіна Тетяна Вікторівна

2. Semikina Tetyana V.

Кваліфікація: к. т. н., 05.27.01

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Вербицький Володимир Григорович

2. Verbytskyi Volodymyr

Кваліфікація: д. т. н., 05.27.01

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Орлов Анатолій Тимофійович

2. Orlov Anatolii

Кваліфікація: к. т. н., 05.27.00

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради Прокопенко Юрій Васильович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні Прокопенко Юрій Васильович

Відповідальний за підготовку облікових документів

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності Юрченко Т.А.