

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 621.3.049.77

На правах рукописи

АСТАШЕНКОВ
Егор Александрович

**ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ СОЕДИНЕНИЯ NiFe_2O_4
ДЛЯ ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени
магистра техники и технологий

по специальности 1-39 81 01 – Компьютерные технологии
проектирования электронных систем

Минск 2017

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ПАВЛЮКОВЕЦ Сергей Анатольевич**,
кандидат технических наук, доцент, заведующий
кафедрой математики и физики учреждения образо-
вания «Белорусская государственная академия свя-
зи»

Рецензент: **НОВИКОВ Сергей Олегович**,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафед-
ры «Электрические системы» учреждения образо-
вания «Белорусский национальный технический
университет»

Защита диссертации состоится «26» января 2017 г. года в 11⁰⁰ часов на засе-
дании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских дис-
сертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6,
копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

СОГЛАСОВАНО:
канд.техн.наук, доцент

С.А.Павлюковец

ВВЕДЕНИЕ

Сложные оксиды металлов общей формулы $M^{II}M_2^{III}O_4$ со структурой шпинели давно привлекают внимание исследователей и имеют широкое практическое применение от катализаторов до магнитных материалов. Соединения, в которых в качестве катиона M^{III} выступает ион Fe^{III} , называются ферритами. В ферритах между неспаренными электронами атомов переходных металлов осуществляется сильное обменное взаимодействие, приводящее к ферромагнетизму с температурой Кюри значительно выше комнатной. Традиционно эти вещества использовали в качестве магнитных материалов для сердечников трансформаторов, элементов памяти ПК, магнитной записи. Однако в последнее время, благодаря развитию новых методов синтеза, позволяющих получать ультрадисперсные частицы с контролируемым размером и свойствами, появились сообщения о новых сферах применения железосодержащих соединений со структурой шпинели. Например, существует потенциальная возможность использования суперпарамагнитных наночастиц шпинелей в медицине для локальной гипертермии и направленной доставки лекарственных веществ в организме, а также в некоторых каталитических процессах. В последние годы интенсивно развиваются исследования по применению ферритов в качестве химических сенсоров. Работа таких устройств основана на изменении электропроводности материала в присутствии даже небольших количеств некоторых газообразных веществ. Так, было показано, что $ZnFe_2O_4$ можно использовать в качестве сенсора на газы-восстановители – H_2S , NH_3 , CO и H_2 . А $NiFe_2O_4$, легированный некоторыми переходными металлами, обладает высокой чувствительностью по отношению к углеводородам (бензин), ацетону и спирту. Вместе с тем, чувствительность и селективность последнего в очень большой степени зависит от его химического состава. В связи с этим существует проблема контроля химического состава получаемого соединения.

Учитывая все возрастающий интерес к ферриту никеля, целью настоящей работы явились синтез высокодисперсного соединения $NiFe_2O_4$ с использованием разрабатываемой нами методики, определение катионного состава промежуточных продуктов и конечного вещества, физико-химический анализ феррита и изучение его свойств.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Ферриты – магнитные оксидные соединения металлов. Они широко применяются в радиоэлектронике, элементах автоматического контроля и вычислительной технике. Ферриты отличаются от многих других материалов тем, что обладают комплексом практически важных магнитных, электрических и механических свойств. Оптимальный режим получения можно выбрать, зная закономерности формирования структуры материалов и электронных состояний атомов. В последнее время все более совершенствуется золь-гель-технология. В данной работе, принадлежащей новому перспективному направлению полупроводниковой

электроники, представлены результаты синтеза кристаллов соединения NiFe_2O_4 золь-гель методом для применения порошков в конструкциях экранов электромагнитного излучения.

Степень разработанности проблемы

Поиски полупроводников, обладающие ферромагнитными свойствами при комнатной температуре, привели к тому, что в последнее время появился повышенный интерес к тройным полупроводникам с химической формулы $\text{M}^{\text{II}}\text{M}_2^{\text{III}}\text{O}_4$. Основоположниками исследования синтеза и свойств феррит-кристаллов явились: Zhao L.X., Campion R.P., Fewster P.F., Farah W., Scalbert D., Nawrocki M., Semenov Y.G., Слынько В.В., Хандожко А.Г., Ковалюк З.Д., Yu-Jun Zhao, Zunger A., Tsujii N., Kitazawa H., Kido G. и др.

Предложенная методика синтеза кристаллов NiFe_2O_4 , а также исследования их магнитных свойств направлены на новое практическое применение ферромагнитного оксидного полупроводника в конструкциях экранов электромагнитного излучения.

Цель и задачи исследования

Цель диссертации состоит в синтезе соединения NiFe_2O_4 золь-гель методом, установление закономерностей изменения физических и физико-химических свойств от способа получения.

Для достижения поставленной цели решался следующий круг задач:

1. Установить оптимальные параметры синтеза кристаллов NiFe_2O_4 , получаемых золь-гель технологией.
2. Определить фазовый состав и структуру кристаллов NiFe_2O_4 .
3. Исследовать магнитные свойства кристаллов NiFe_2O_4 с целью дальнейшего их использования в конструкциях экранов электромагнитного излучения.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-38 81 01 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы российских и зарубежных ученых по изучению процессов получения, исследования свойств, моделирования и применения кристаллов соединения NiFe_2O_4 .

Информационная база исследования сформированы на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов статей, научных международных и республиканских конференций и семинаров.

Научная новизна

Научная новизна работы, принадлежащей новому перспективному направлению полупроводниковой электроники, заключается в получении нанокристаллов соединения NiFe_2O_4 методом золь-гель технологии.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке методики получения кристаллов указанного состава, а также получении новых физических закономерностей и параметров.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что на основе полученных кристаллов и проведенных исследований магнитных свойств даны научно-обоснованные рекомендации об использовании соединения NiFe_2O_4 в конструкциях экранов электромагнитного излучения.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Предложена последовательность этапов синтеза кристаллов NiFe_2O_4 , методом золь-гель технологии, позволяющая получать из неорганических солей металлов FeCl_3 и $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ наночастицы сферической формы средний размер которых составляет 40 нм.

2. Экспериментально установлены основные фундаментальные физико-химические параметры, такие как состав (химическая формула исследуемых образцов – $\text{Ni}_{0,96}\text{Fe}_{1,98}\text{O}_4$) и структура (кристаллическая решетка кубическая типа шпинели с параметрами элементарной ячейки $a = 8,526 \pm 0,005 \text{ \AA}$).

3. Экспериментально доказано изменение магнитных свойств, которое связано с различиями в способах приготовления, размерах наночастиц и химическом составе, расширяющие представление о свойствах соединения NiFe_2O_4 и его практическом применении.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на следующих республиканских и международных конференциях и семинарах: 52-ая научно-техническая конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР; 12-ая Международная молодежная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций, РТ-2016»; VIII Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки и образования», посвященная 25-летию Государственной независимости Республики Таджикистана и 60-летию ТТУ имени академика М.С. Осими; XLIV Международная (заочная) научно – практическая конференция по всем наукам «Интеграция теории и практики мирового научного знания в XXI веке» (М-44).

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 6 печатных работах. В их числе 1 статья в сборнике материалов научных конференций, 5 тезисов докладов на научных конференциях.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 0,39 авторских листа.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения и библиографического списка. **В первой главе** рассмотрены основные характеристики шпинелей, методы их получения, структура и свойства. Приведена диаграмма состояний на разрезе $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--NiO}$. **Во второй главе** представлены основы зольгель технологии синтеза, проведен синтез кристаллов NiFe_2O_4 . **В третьей главе** исследованы физико–химические и магнитные свойства полученных кристаллов соединения NiFe_2O_4 . **В приложении** представлен список публикаций соискателя.

Общий объем диссертации составляет 100 страниц. Из них 50 страницы основного текста, 35 иллюстраций на 9 страницах, 7 таблиц на 2 страницах, библиографический список из 143 наименований на 12 страницах, список собственных публикаций соискателя из 6 наименований на 1 странице, приложения на 26 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** определены основные направления исследований, обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи работы.

В первой главе приведены основные характеристики шпинелей, рассмотрены природные и синтетические шпинели, изучены различные способы получения феррошпинелей, представлены исследования свойств кристаллов NiFe_2O_4 зарубежными авторами.

Рассмотрена структура шпинели $\text{A}[\text{B}_2]\text{O}_4$ которая представляет собой плотнейшую кубическую упаковку анионов с ребром куба $a \approx 8,5 \text{ \AA}$ (рисунок 1).

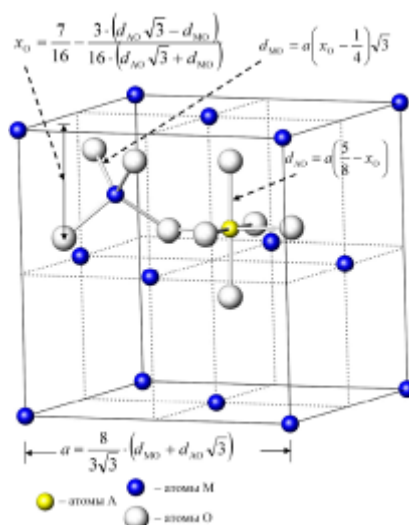
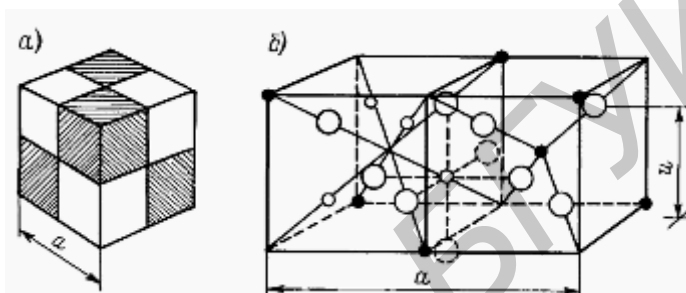


Рисунок 1 – Структура шпинели $\text{A}[\text{B}_2]\text{O}_4$

Ионы металлов расположены в промежутках между ионами кислорода, причем имеется два типа таких «пустот» с четырех- и шестикратной координацией. Пустоты или позиции в решетке, образованные четырьмя анионами, называются тетраэдрическими, а образованные шестью анионами, — октаэдрическими. Поэтому катионы, расположенные в тетраэдрических позициях, называются тетраэдрическими, а катионы, расположенные в октаэдрических позициях, — октаэдрическими.

Гранецентрированную элементарную ячейку можно разделить на восемь октантов с одинаковым размещением четырех анионов на пространственных диагоналях, на расстоянии $1/4$ от вершин. На рисунке 2 изображена элементарная ячейка структуры шпинели.



а – схематическое изображение эквивалентных октантов;

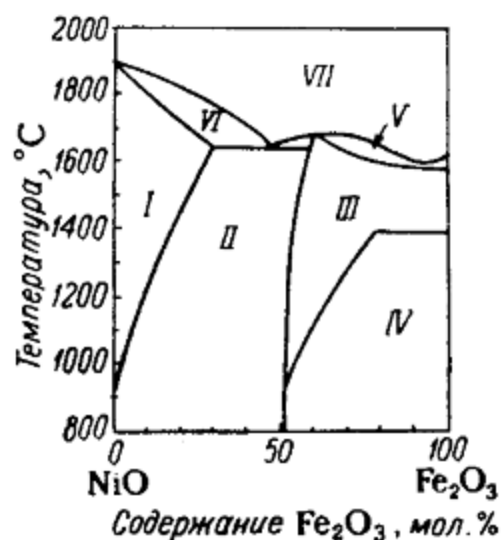
б – расположение ионов в соседних октантах

(a – кислородный параметр, характеризующий расположение иона кислорода; O – ионы кислорода; o – октаэдрические ионы металлов. \bullet – тетраэдрические ионы металлов).

Рисунок 2 – Элементарная ячейка структуры шпинели

Тетраэдрические катионы занимают четыре вершины из восьми каждого октанта и, кроме того, центры четырех из них. Октаэдрические катионы располагаются в четырех других октантах, по четыре в каждом, на пространственных диагоналях, подобно анионам, но на расстоянии $1/4$ от противоположных вершин. Октанты одного типа имеют смежные ребра разного типа — смежные грани. В элементарной ячейке имеется 32 иона кислорода, 8 тетраэдрических и 16 октаэдрических ионов. Не все промежутки между ионами кислорода в решетке шпинели заняты ионами металлов. Пространственная группа шпинели $O_h^7 (Fd3m)$, а точечная — $m3m$. Число формульных единиц в ячейке — восемь. В некоторых случаях симметрия понижается.

При построении изотермических диаграмм состояния системы Fe–Ni–O возникли значительные трудности, связанные с противоречивыми данными о характере продуктов диссоциации (или восстановления) железо-никелевой шпинели. Ряд авторов утверждает, что первичным продуктом диссоциации (или восстановления) шпинели является металлический сплав Fe–Ni, обогащенный никелем. Возможность равновесия шпинели с металлической фазой подтверждается и данными работ, в соответствии с которыми окисление железо-никелевых сплавов, содержащих не менее 40 ат % Ni, приводит к образованию железо никелевой шпинели.



I – твердый раствор на основе NiO; II – твердый раствор на основе NiO+шпинель;
 III – шпинель; IV – шпинель+ α -Fe₂O₃; V – шпинель+расплав окислов;
 VI – твердый раствор на основе NiO+расплав окислов; VII – расплав окислов

Рисунок 3 – Диаграмма состояния системы NiO–Fe₂O₃

Некоторое представление о фазовых равновесиях в системе Fe₂O₃–NiO даёт изобарическая диаграмма (рисунок 3).

Во второй главе представлена методика синтеза нанокристаллов NiFe₂O₄.

Золь-гель процесс – это технология материалов, в том числе наноматериалов, включающая получение золя с последующим переводом его в гель, т.е. в коллоидную систему, представляющую собой жидкую дисперсионную среду, заключенную в пространственную сетку, образованную соединившимися частицами дисперсной фазы.

С помощью использования метода золь-гель технологии можно получать наночастицы, нанопористые материалы с регулируемым размером пор, тонкие наноразмерные пленки, а также формировать неорганo-органические и органо-неорганo-органические композиты, размер фаз которых находится в нано-диапазоне. Термин «золь-гель синтез» включает в себя методы жидкофазного синтеза материалов из растворов, для которых характерен переход из золя в гель.

Управлять процессом золь-гель синтеза можно с помощью температуры, ультразвука, магнитного поля и других факторов. В последнее время в золь-гель синтезе применяются методы темплатного синтеза. Эта технология реализуется путем введения в золь вместе с основными компонентами различных структурирующих добавок. В качестве таких добавок могут быть применены неограниченные и органические вещества, наночастицы, поверхностно-активные вещества. Они способствуют формированию определенных параметров: фазового состава, типа и формы кристаллитов, формы и размера пор и наночастиц, рельефа поверхности покрытий. Удаление темплата приводит к образованию полостей такого же размера и формы, как органическая мицелла. Мицеллами называют частицы дисперсной фазы лиозоля вместе с окружающей их сольватной оболочкой из молекул (ионов) дисперсионной среды. В результате формируется высокоупорядоченная структура пор, полностью повторяющая структуру темплата, причем размер пор

может варьироваться от 2 до 50 нм.

Золь-гель процесс позволяет синтезировать материалы при более низких температурах, чем это возможно с помощью традиционных методов синтеза (метода магнетронного распыления, термического испарения в вакууме и т.д.).

Основные этапы приготовления порошков методом золь-гель синтеза показаны на рисунке 4.

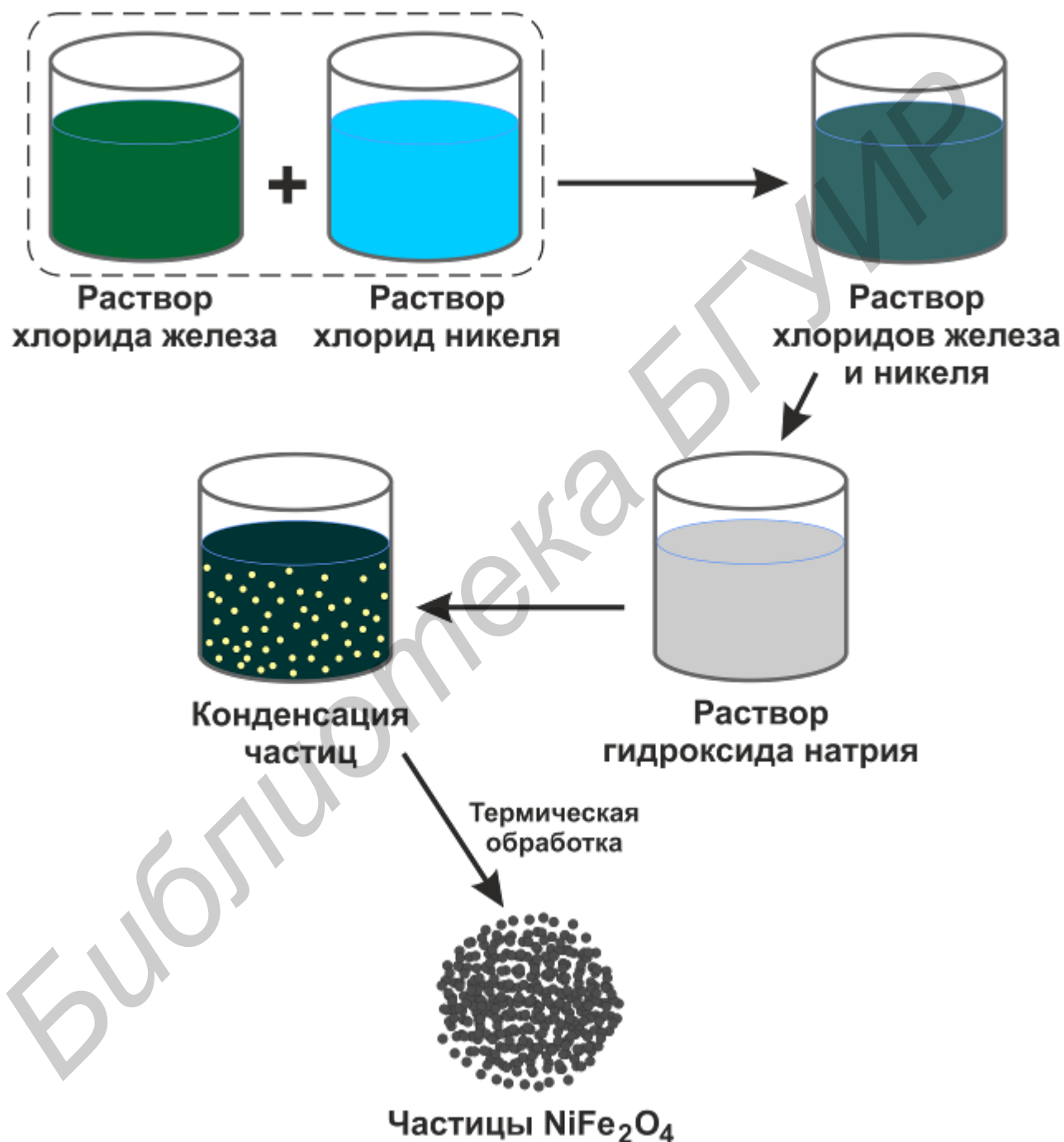


Рисунок 4 – Этапы приготовления порошков NiFe_2O_4

Подготовленные навески неорганических солей металлов FeCl_3 и $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ растворяли в 100 мл дистиллированной воды для достижения требуе-

мой концентрации. Также получали раствор NaOH, используя его в качестве осадителя.

На первом этапе синтеза смешивали 50 мл раствора хлорида никеля и 50 мл раствора хлорида железа и выдерживали при 343 К в течение 60 минут.

После завершения процесса растворения солей для ускорения процесса гелирования к этой смеси добавляли кипящий раствор NaOH при постоянном перемешивании. Конечный раствор выдерживали при 363 К в течение 90 минут, добиваясь превращения гидроксидов в шпинель феррита.

Полученные частицы отфильтровывали и промывали в дистиллированной водой. Затем образцы сушили при 343 К и подвергали отжигу при 873 К в течение 8 часов в керамическом тигле.

Выбор температуры был основан на данных литературы и проведенных экспериментов.

Полученные экспериментальные образцы представляли собой дисперстный порошок. Изображение порошка NiFe_2O_4 показано на рисунке 5.



Рисунок 5 – Изображение полученного порошка

Выбор температур и временных интервалов был основан на данных литературы и проведенных экспериментов.

Третья глава посвящена исследованию физико–химических и магнитных свойств нанокристаллов соединения NiFe_2O_4 .

Кристаллы NiFe_2O_4 получали методом золь-гель синтеза из солей металлов. На синтезированных кристаллах рентгеновским методом с помощью дифрактометра «ДРОН-3 М» ($\text{CuK}\alpha$ – излучении с графитовым монохроматором) проведены исследования кристаллической структуры указанного выше трехкомпонентно-

го соединения. Результаты рентгеновских исследований представлены на рисунке 6.

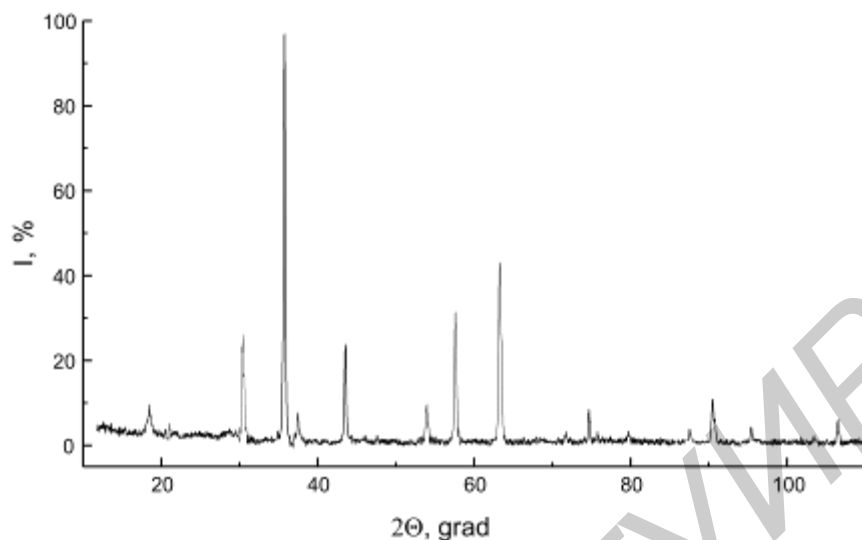


Рисунок 6 – Дифрактограмма соединения NiFe_2O_4

Видно, что на представленной дифрактограмме присутствуют индексы отражения, характерные для соединения NiFe_2O_4 кубической структуры типа шпинели. По измеренным значениям углов дифракции были рассчитаны межплоскостные расстояния для различных плоскостей отражения, по которым методом наименьших квадратов, рассчитывали параметры элементарной ячейки $a = 8,526 \pm 0,005 \text{ \AA}$.

Для наночастиц никелевого феррита измерены зависимости удельного магнитного момента от напряженности магнитного поля при температурах 300, 150 и 5 К. Величина насыщения магнитного момента прямопропорциональна увеличению температуры исследуемого образца, что является характерной особенностью ферромагнетиков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Наночастицы ферритов (MeFe_2O_4) широко используются в качестве материала для сердечников импульсных дросселей и трансформаторов, магнитооптических экранов, постоянных магнитов в СВЧ устройствах. Большое число работ посвящено использованию NiFe_2O_4 в качестве материала для эффективного поглощения СВЧ излучения. В частности, в работе никелевые ферриты использовались для создания покрытия, маскирующего самолеты и ракеты от обнаружения радарными. На полупроводниковые свойства наночастиц никелевых ферритов оказывает влияние наличие замещающих атомов, например, Cu, Co, Mn, а также отклонение от стехиометрии. В работе показано существенное отличие диэлектрической проницаемости, диэлектрических потерь энергии и коэффициента нагрева при воздействии СВЧ на наночастицы никелевых ферритов со средним размером 10, 20 и 23 нм

2. В ходе выполнения данного этапа работы было установлено, что получение композитной структуры с наноразмерными зернами оксидов металлов воз-

можно при выборе определенных значений следующих технологических параметров:

- соотношение между солями металлов;
- температура отжига геля;
- продолжительность отжига.

Для установления приведенных диапазонов технологических параметров была проведена диагностика экспериментальных образцов физико-химическими методами.

3. Для наилучшей аппроксимации мессбауэровских спектров исследуемых образцов наночастиц никелевого феррита была использована модель на основе оценки вероятности присутствия различного числа ионов Ni^{2+} в ближайшем окружении ядер ^{57}Fe в тетраэдрических и октаэдрических позициях. В результате полученные компоненты спектров были сопоставлены с определенным числом ионов Ni^{2+} в ближайшем окружении ядер ^{57}Fe в позициях А и В, и показано, что добавление иона Ni^{2+} в ближайшее окружение ионов Fe_A^{3+} и Fe_B^{3+} приводит к уменьшению сверхтонкого магнитного поля на ядре ^{57}Fe .

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусская государственная академия связи».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1. Асташенков, Е.А. Золь-гель технология получения нанокристаллов соединения $NiFe_2O_4$ / Е.А. Асташенков, Е.И. Макоед, В.С. Пладунова // материалы 52-ой науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 25–30 апреля 2016 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2016. – (в печати).

2. Асташенков, Е.А. Получение и свойства кристаллов соединения $NiFe_2O_4$ для экранов электромагнитного излучения / Е.А. Асташенков // материалы 52-ой науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 25–30 апреля 2016 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2016. – (в печати).

3. Асташенков, Е.А. Получение кристаллов $NiFe_2O_4$ со структурой шпинели / Е.А. Асташенков // 12-я Международная молодежная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций, РТ-2016», Севастополь, Российская Федерация, 14-18 ноября 2016г./ . ФГАОУВО «СевГУ»– Севастополь (в печати).

4. Асташенков, Е.А. Структурные свойства кристаллов $NiFe_2O_4$ / Е.А. Асташенков // 12-я Международная молодежная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций, РТ-2016», Севастополь, Российская Федерация, 14-18 ноября 2016г./ . ФГАОУВО «СевГУ»– Севастополь. (в печати).

5. Павлюковец, С.А. Физико-химические свойства монокристаллов индита со структурой шпинели / С.А. Павлюковец, И.В. Бычек, Е.А. Асташенков // VIII Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки и образования» посвященная 25-летию Государственной независимости Республики Таджикистана и 60-летию ТГУ имени академика М.С.Осими, Душанбе, Респ. Таджикистан, 3-4 ноября 2016 г. /ТГУ им. академика М.С.Осими. – Душанбе-2016. – С.158–161.

6. Асташенков, Е.А. Моделирование золь-гель процесса получения наночастиц NiFe_2O_4 / Е.А. Асташенков // XLIV Международная (заочная) научно – практическая конференция по всем наукам «Интеграция теории и практики мирового научного знания в XXI веке» (М-44)», Казань, Респ. Татарстан (в печати).

Библиотека БГУИР

РЭЗІЮМЭ

Асташэнкаў Ягор Аляксандравіч

Атрыманне і ўласцівасці крышталёў злучэння NiFe_2O_4 для экранаў электрамагнітнага выпраменьвання

Ключавыя словы: феррашпінель, нанакрышталы.

Мэта работы: Сінтэз золь-гель метадам нанакрышталов злучэння NiFe_2O_4 , усталяванне заканамернасцей змены фізічных і фізіка-хімічных уласцівасцей ад спосабу атрымання.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: былі атрыманы наначасціцы нікелевага ферыту золь-гель метадам і вывучаны наначасціцы, распрацоўваемыя для тэхналагічных мэт, метадам мессбауэровскай спектраскапіі з высокім хуткасным дазволам для атрымання новай інфармацыі аб структуры і магнітных уласцівасцях.

Рэнтгенаўская дэфрактаметрыя паказала адсутнасць прымесных фаз ў даследных узорах. З дапамогай энергадысперсіённага аналізу быў вызначан хімічны састаў даследных наначасціц. Для узораў наначасціц нікелевага ферыту былі выяўленыя нязначныя адрозненні ў хімічным саставе. Метадам трансмісійнай электроннай мікраскапіі былі вызначаны форма, сярэдні памер наначасціц для узораў NA і NB нікелевай ферыту - 20 і 30 нм адпаведна і атрыманы вузкія размеркаванні гэтых наначасціц па памерах. Магнітаметры прадэманстравала адрозненні магнітных уласцівасцей для двух узораў наначасціц нікелевай ферыту.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранёны ў навучальны працэс на кафедры праектавання інфармацыйна-камп'ютэрных сістэм установы адукацыі «Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі ў навучальны курс «Фізічныя асновы праектавання радыёэлектронных сродкаў».

Выкарыстанне: паўправадніковая прамысловасць, мікрапрацэсорныя сістэмы.

РЕЗЮМЕ

Асташенков Егор Александрович

Получение и свойства кристаллов соединения $NiFe_2O_4$ для экранов электромагнитного излучения

Ключевые слова: феррошпинель, нанокристаллы.

Цель работы: Синтез золь-гель методом нанокристаллов соединения $NiFe_2O_4$, установление закономерностей изменения физических и физико-химических свойств от способа получения.

Полученные результаты и их новизна: были получены наночастицы никелевого феррита золь-гель методом и изучены наночастицы, разрабатываемые для технологических целей, методом мессбауэровской спектроскопии с высоким скоростным разрешением для получения новой информации о структуре и магнитных свойствах.

Рентгеновская дифрактометрия показала отсутствие примесных фаз в исследуемых образцах. С помощью энергодисперсионного анализа был определен химический состав исследуемых наночастиц. Для образцов наночастиц никелевого феррита были обнаружены незначительные отличия в химическом составе. Методом трансмиссионной электронной микроскопии были определены форма, средний размер наночастиц для образцов NA и NB никелевого феррита – 20 и 30 нм соответственно и получены узкие распределения этих наночастиц по размерам. Магнитометрия продемонстрировала отличия магнитных свойств для двух образцов наночастиц никелевого феррита.

Степень использования: результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в учебный курс «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств».

Область применения: полупроводниковая промышленность, микропроцессорные системы.

SUMMARY

Astashenkov Egor Aleksandrovich

Preparation and properties of compounds NiFe_2O_4 crystals for screens electron-magnetic radiation

Keywords: ferros spinels, nanocrystals.

The object of study: Synthesis of the sol-gel method nanocrystals NiFe_2O_4 connection, the establishment of patterns of change in the physical and physico-chemical properties of the preparation method.

The results and novelty: were received nanoparticles or ferrite-kelevogo sol-gel method and studied nanoparticles are developed-mye for technological purposes, Mössbauer spectroscopy with you sokim-speed solution for new information on the structure and magnetic properties.

X-ray diffraction showed no impurity phases in the samples is-on followed. With the help of energy dispersive analysis it was determined the chemical composition of flax-studied nanoparticle. For samples of nanoparticles or ferrite-kelevogo slight differences in the chemical with the shutter have been detected. The method of transmission electron microscopy were determined form, the average size of nanoparticles for NA and NB samples of nickel ferrite - 20 and 30 nm, respectively, and obtained the narrow distribution of nanoparticle size. Magnetometry showed differences of magnetic properties of two samples of nickel ferrite nanoparticles.

Degree of use: results are implemented in the educational process at the Department of proektirvoaniya infor-mation systems and computer facilities of the Court, "the Belarusian gosu endowment University of Informatics and Radio Electronics in the training course" Physical basis of the design of radio-electronic means. "

Sphere of application: semiconductor industry, MPU-sor system.