

**ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ АН УССР  
КИЕВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. 50-ЛЕТИЯ ВЕЛИКОЙ ОКТЯБРЬСКОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
ИВАНО-ФРАНКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. В. СТЕФАНИКА**

---

*ПОСВЯЩАЕТСЯ 50-ЛЕТИЮ ОБРАЗОВАНИЯ СССР*

**II СЕМИНАР  
ПО ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ, СТРОЕНИЮ  
И ФИЗИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ФЕРРИТОВ**

**13—18 ИЮНЯ 1972 г.**

БІБЛІОГРАФІЯ

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ АН УССР  
КИЕВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМ. 50-ЛЕТИЯ ВЕЛИКОЙ ОКТЯБРЬСКОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
ИВАНО-ФРАНКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. СТЕФАНИКА

---

*ПОСВЯЩАЕТСЯ 50-ЛЕТИЮ ОБРАЗОВАНИЯ СССР*

II СЕМИНАР  
ПО ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ, СТРОЕНИЮ  
И ФИЗИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ФЕРРИТОВ

13—18 ИЮНЯ 1972 г.

(Аннотированная программа)

НБ ПНУС



bn4369

## **ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО**

### **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ФЕРРИТОВ**

**К. П. Белов,**  
Москва.

### **ТЕРМОДИНАМИКА ФЕРРИТОВ**

**Ю. Д. Третьяков,**  
Москва.

### **РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРРИТОВ**

**П. П. Киричок,**  
Ивано-Франковск.

### **МЕССБАУЭРОВСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРРИТОВ**

**И. С. Любутин,**  
Москва.

Благодаря чрезвычайной остроте мессбауэровского резонанса с помощью этого метода можно исследовать магнитные сверхтонкие расщепления ядерных уровней, вызываемые взаимодействием магнитных моментов ядра с магнитными полями в кристалле. Величина расщепления зависит от магнитных свойств и структуры отдельных атомов, а также от их окружения. Кроме того, гамма-резонанс очень чувствите-

лен к воздействию электрических полей в кристалле; реагирует на изменение химической связи и кристаллической структуры. Параметры мессбауэровских спектров зависят от следующих свойств кристаллов:

1. Величины магнитного момента, характера обменных взаимодействий, типа магнитной структуры.

2. Симметрии кристаллической решетки, локальных искажений кристаллической решетки.

3. Типа химической связи, валентности, координационного числа.

С помощью гамма-резонанса можно различать идентичные атомы, проявляющие в кристалле неэквивалентность в магнитном, кристаллографическом или химическом отношениях. Появляется возможность обнаруживать эту неэквивалентность и изучать поведение атомов в каждом из этих неэквивалентных мест независимо.

## **МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРИТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**Ю. А. Быков,**  
Москва.

## **РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ $Fe_2O_3$ , $NiO$ , $ZnO$ , $MgO$**

**П. И. Куприенко, Н. Н. Круглицкий, В. В. Симуров, И. А. Михеев,**  
Киев

Излагаются результаты исследований реологических и структурно-механических свойств дисперсных систем на основе ряда окислов металлов  $Fe_2O_3$ ,  $NiO$ ,  $ZnO$ ,  $MgO$ . Изучение данных вопросов связано с внедрением в технологию ферритов распылительных сушилок для получения ферритовых пресспорошков.

Методами физико-химической механики дисперсных систем изучены процессы коагуляционно-тиксотропного структурообразования дисперсий на основе указанных выше окислов металлов. Для их прочности оценки в широком диапазоне концентраций были получены зависимости  $P_m = f(c)$ , позволяющие определить критическую концентрацию структурообразования (ККС), отвечающего полному развитию пространственного каркаса коагуляционной структуры во всем объеме системы.

Установлено, что тиксотропное упрочение структуры систем на основе окислов  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{ZnO}$  и  $\text{MgO}$  в основном завершается в период 2—5 часов. Установлены возможности управления процессами структурообразования изучаемых систем.

### **ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРРИТОВЫХ СУСПЕНЗИЙ**

**В. В. Симуров, Н. Н. Круглицкий, В. Ю. Третенник,  
П. И. Куприенко, О. А. Тишинов, А. П. Рыжиков,  
А. А. Поляков, К. М. Хуснутдинов,  
Киев**

Рассмотрено влияние некоторых поверхностно-активных веществ (ПАВ) на процессы структурообразования и реологическое поведение дисперсных систем, приготовленных на основе окислов металлов. В качестве ПАВ для стабилизации ферритовых суспензий (600 НН, 2000 НМ) были использованы НФЛХ, кортан, термокортан, гумитан и др.

Промышленные испытания ферритовых суспензий и полученных на их основе партий пресспорошков магнитомягких ферритов показали, что такие составы позволяют снизить влажность суспензии для распыла с 27% до 24%, получать более стабильный факел распыла, снизить температуру в сушилке на входе с 320°C до 290°C и на выходе с 160°C до 130°C, использовать пресспорошки для прессования без подсушки, получать более плотные изделия, что улучшает их электромагнитные параметры, повысить прочность обожженных изделий, использовать для прессования прессформы с  $K_{\text{ус}} = 1,14$ , используемые на заводе.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ ПАВ ИЗ РАСТВОРОВ НА ФЕРРИТОВЫХ СИСТЕМАХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

**Н. Н. Круглицкий, И. А. Михеев, В. В. Симуров,  
П. И. Куприенко, Р. С. Жукова,  
Киев**

В данной работе исследованы инфракрасные спектры поглощения различных ПАВ, адсорбированных на поверхности некоторых ферритовых систем, и составляющих их компонентов в области  $400 \text{ см}^{-1}$ — $4000 \text{ см}^{-1}$ . На основе анализа по-

лученной информации по инфракрасным спектрам приводится сравнительная характеристика адсорбционной способности ферритовых систем и окислов металлов как их составных компонентов. Кроме того, обсуждается механизм взаимодействия некоторых поверхностно-активных веществ с поверхностью исследуемых объектов. Показаны перспективы применения метода инфракрасной спектроскопии для контроля исходных материалов, используемых в технологии производства изделий, с целью индивидуального подбора эффективных ПАВ для суспензий каждой конкретной ферритовой системы.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ СУШИЛОК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕСПОРОШКОВ НИКЕЛЬ-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ**

**Н. Н. Круглицкий, К. М. Хуснутдинов, В. В. Симуров,  
О. А. Тишинов, А. П. Рыжиков, А. А. Поляков, П. И. Куприенко,  
Киев, Рыбинск.**

Производство порошков с помощью распылительных сушилок является довольно распространенным в промышленности. В зарубежной практике распылительные сушилки используются для получения гранулированных ферритовых пресспорошков, однако специфические особенности технологического процесса являются секретами фирм-изготовителей.

В результате проведенной работы отработана технология получения пресспорошков методом распылительной сушки из ферритового порошка марки 600НН (Ф-600), «боя» и их смеси. Качество гранулированных пресспорошков выше качества получаемых по старой технологии. Преимущество выражается в увеличении сыпучести, насыпного веса, производительности прессового оборудования, качества спрессованных заготовок и в повышении культуры производства.

### **РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФЕРРИТОВЫХ ПОРОШКОВ С ППГ МЕТОДОМ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШКИ**

**А. П. Рыжиков, А. А. Поляков, Э. И. Буйская,  
А. В. Степанов, О. А. Тишинов,  
Рыбинск.**

Дан краткий анализ существующего техпроцесса получения пресспорошков, отмечены его недостатки. Приведена

схема технологического процесса и состав оборудования поточно-механизированной линии для приготовления ферритовых пресспорошков с ППГ магний-марганцевой системы распылительной сушки суспензий. Рассмотрены преимущества разработанной схемы с точки зрения повышения качественных показателей получаемых пресспорошков в сравнении с существующим техпроцессом, роль добавок ПАВ различного функционального назначения для стабилизации режимов технологического процесса и повышения физико-механических свойств пресспорошков.

### **СВОЙСТВА ФЕРРИТОВЫХ ПОРОШКОВ И ФЕРРОЭЛАСТОВ НА ИХ ОСНОВЕ**

**Л. И. Рабкин, Л. И. Лейзан, А. Г. Алексеев,  
О. Н. Улитина, Н. Г. Калядина,  
Ленинград**

В работе показано, что ферроэластовые изделия, изготавливаемые на основе порошков никель-цинковых ферритов, сохраняют свои магнитные свойства неизменными в течение длительного времени. Приведенный в работе на основании экспериментальных данных анализ показал, что магнитная проницаемость порошка для ферроэластов ФНЦ-17 и ФНЦ-20 не изменится больше, чем на 1—2% за 50 лет.

В работе приведены также результаты исследования магнитных, механических и электрических свойств ферроэластов, изготовленных с применением различных типов каучуков. В результате проведенной работы установлено, что наибольшую теплостойкость и долговечность обеспечивает ферроэласт, изготовленный с использованием бутилкаучука в качестве матричной фазы. Этот материал является одним из перспективных для создания ферроэластов, обладающих высокой долговечностью.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА БАРИЕВЫХ МАГНИТОВ С ПОВЫШЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

**О. Ф. Вережак, В. А. Горбатюк, Г. А. Михалькова,  
Киев, Белая Церковь, Ленинград.**

На основе бариевого феррита с присадками окиси кальция и борной кислоты были получены и исследованы про-

мышленные магниты. Предварительный отжиг проводили при температуре  $950^{\circ}\text{C}$ , спекание при различных температурах в интервале  $1180^{\circ}\text{—}1260^{\circ}\text{C}$ .

Остаточная индукция полученных материалов изменяется от 3750 до 4200 гс, коэрцитивная сила по индукции от 3000 до 2000 э, а по намагниченности — от 3400 э до 2130 э, максимальной магнитной энергией, равной  $(3,7/3,8)10^6$  гс э, обладали магниты, спеченные при температуре  $1220\text{—}1240^{\circ}\text{C}$ . Проведен рентгеновский и металлографический анализ. На основе проведенных исследований делается заключение о целесообразности введения в бариевый феррит незначительного количества борной кислоты.

### **КРИОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРИТОВ**

**Н. В. Анастасюк, Н. Н. Олейников, В. И. Першин,**

**Ю. Д. Третьяков,**

Москва

Наметившаяся в последнее время тенденция к миниатюризации ферритовых изделий ставит перед синтетиками задачу, связанную с получением помимо химической, высокой гранулометрической однородности тонкодисперсных ферритовых порошков.

С этой целью нами сделана попытка получения ферритовых порошков криохимическим методом.

Идея метода заключается в замораживании распыляемого под давлением раствора солей ферритообразующих компонентов. В качестве замораживающей среды применялись охлажденный до  $-65^{\circ}\text{C}$  гексан и жидкий азот. Криогидрат может представлять собой твердый раствор солей. В работе синтезировались твердые растворы солей типа шенитов, либо их механические смеси (азотнокислые и сернокислые соли). Удаление влаги из кристаллов криогидратов проводилось в процессе сублимационной сушки.

Термическое разложение продуктов криохимического синтеза позволило получать, по данным рентгеновского и магнитного анализов, однофазные шпинели. Электронно-микроскопическое исследование полученных порошков указывает на их высокую гранулометрическую однородность.



## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СПЕКАНИЯ И ВРЕМЕНИ ВЫДЕРЖКИ НА МАГНИТНЫЕ ПОДРЕШЕТКИ Mn—Zn-ФЕРРИТОВ**

**Т. Г. Аминов, Ш. Ш. Башкиров, А. Б. Либерман, В. И. Сиявский,**  
Казань.

С помощью метода ЯГР-спектроскопии проводилось изучение распределения ионов  $Fe^{+3}$  по магнитным подрешеткам Mn—Zn-ферритов, получаемых при изменениях температуры спекания и времени изотермической выдержки. Температура спекания изменялась от 1150 до 1350°C через 50°C. Время изотермической выдержки при каждой температуре спекания составляло 5, 15, 30 и 300 минут. Проведенные измерения свидетельствуют об отсутствии окиси железа в свободном состоянии во всех образцах. Мессбауэровские спектры различных образцов позволяют проследить за изменениями фазового состава образующихся твердых растворов ферромагнитных соединений.

## **НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ОБЖИГ МАРГАНЕЦ-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ**

**Г. Э. Жук,**  
Белая Церковь.

Получение изделий с заданными свойствами — основная задача технологии ферритов. Однако в результате отклонения режимов изготовления от оптимальных готовые изделия не всегда обладают наилучшим комплексом электромагнитных параметров.

Свойства готовых изделий в некоторых случаях могут быть значительно улучшены. В настоящей работе изучалось влияние низкотемпературного обжига готовых изделий из марганец-цинковых ферритов марок 2000НМ и 2000НМ1 на электромагнитные параметры.

В результате работы установлено, что низкотемпературный обжиг в ряде случаев приводит к значительному улучшению таких параметров, как тангенс угла потерь и температурный коэффициент проницаемости.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ ФЕРРИТОВ**

**Д. А. Прокошкин, Ю. А. Быков, О. Л. Полущенко,**  
Москва.

Кинетика и механизм процесса уплотнения при горячем прессовании изучался с использованием методов растровой

электронной микроскопии, определения динамического модуля упругости, расчета энергии активации межатомных связей.

Установлено, что уплотнение протекает в три стадии, каждая из которых контролируется различными механизмами.

### **ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРЯЧЕПРЕССОВАННЫХ МАРГАНЕЦ-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ**

**Д. А. Прокошкин, Ю. А. Быков, А. М. Маркин,  
Л. М. Соколенко, А. И. Брянский,**  
Москва.

Ферриты марганец-цинковой системы получены методом горячего прессования. Исследовано влияние температуры, давления и времени выдержки под давлением на структуру и электромагнитные свойства марганец-цинковых ферритов.

Определено, что изменение технологических параметров горячего прессования марганец-цинковых ферритов оказывает существенное воздействие на такие структурно-чувствительные характеристики, как электросопротивление и коэрцитивная сила.

Проведенное испытание горячепрессованных марганец-цинковых ферритов на износостойкость путем их взаимодействия с металлическими и порошковыми носителями позволило установить закономерность зависимости стойкости на истирание марганец-цинковых ферритов от структуры, величины зерна и характера распределения пор.

### **ГОРЯЧЕПРЕССОВАННЫЕ НИКЕЛЬ-ЦИНКОВЫЕ ФЕРРИТЫ С ДОБАВКАМИ МЕДИ**

**Д. А. Прокошкин, Ю. А. Быков, Л. М. Соколенко,**  
Москва.

Метод горячего прессования позволяет изготавливать никель-цинковые ферриты высокой плотности и с различной величиной зерна. В то же время интервал регулирования величины зерна никель-цинковых ферритов путем варьирования режимов горячего прессования сравнительно небольшой.

В проведенной работе изучалась возможность получения горячепрессованных ферритов никель-цинковой системы, ве-

личина зерна которых изменялась бы в больших пределах, за счет введения добавок меди в состав этих ферритов.

Исследовалось влияние добавок окиси меди на усадку и горячую твердость никель-цинковых ферритов. Установлено, что как температурная зависимость усадки, так и горячая твердость никель-цинковых ферритов заметно чувствительны к небольшим добавкам окиси меди.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОДЯЧЕПРЕССОВАННЫХ НИКЕЛЬ-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ**

**А. С. Эйсуевич, Ю. А. Быков, М. С. Павлов,**

**Т. С. Алиева, Н. К. Якобсон.**

**Москва.**

Для аппаратов, работающих в жестких условиях видеозаписи, особо важным является выбор износостойкого материала для сердечников магнитных головок.

Ранее приводились данные по разработке технологии получения высокоплотных горячепрессованных никель-цинковых ферритов с требуемым комплексом электромагнитных параметров.

В настоящем сообщении приводятся результаты исследования физико-механических свойств и структуры ферритов (микротвердость  $H_p = 700-750$  кг/мм<sup>2</sup>, склерометрия, усилия при алмазном шлифовании  $P_y = 1,5-2$  кг,  $P_z = 0,55+0,75$  кг) после горячего прессования и дополнительной термической обработки образцов.

Показывается, что для снятия напряжения и получения износостойких ферритов продолжительность дополнительного обжига при температуре порядка 1100°C не должна превышать 3—5 часов.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ ФЕРРИТОВ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ СВОЙСТВ**

**М. С. Ковальченко, Е. К. Фень,**

**Киев.**

Проведено исследование процесса уплотнения порошков ферритов типа 600НН и 1000НН при горячем прессовании. Установлена зависимость плотности ферритов от параметров прессования. Установлены режимы приготовления ферритов с максимальной плотностью при горячем прессовании.

Изучены микроструктура, микротвердость и износоустойчивость данных ферритов, а также некоторые электрофизические и магнитные свойства ферритов типа 600НН и 1000НН.

### **ГОРЯЧЕЕ ПРЕССОВАНИЕ ПОРОШКОВ ФЕРРИТОВ**

**Б. И. Семенов, В. А. Рыбкин,**

Москва.

Исследовано влияние температуры горячего прессования на плотность, микротвердость и размер зерна ферритов. Установлено, что сложный характер зависимости плотности от температуры горячего прессования порошков связан с возникновением межчастичных связей в прессуемом порошке. Величина сил трения и усилий выпрессовки ферритов в значительной мере определяется температурой процесса. Выпрессовка изделий из прессформы осуществлялась при температуре горячего прессования. Горячим прессованием ферритовых порошков получены плотные (до 0,975  $d$  теор.) мелкозернистые изделия, имеющие четкую геометрическую форму.

### **ГОРЯЧЕЕ ПРЕССОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

**Л. Н. Богданова, Ю. А. Степанов, В. А. Рыбкин,**

Москва.

Для повышения качества и надежности СВЧ устройств в настоящее время разработаны новые принципы конструирования радиоэлектронных систем с использованием поликерамических схем, основу которых составляют комбинированные изделия, изготовленные из элементов с различными электромагнитными и физико-химическими свойствами.

По результатам исследования зависимости параметров деформации от технологических режимов, а также по данным дилатометрического анализа определены режимы горячего прессования композиций феррит—феррит, феррит—керамика. Установлено, что возможность соединения феррита с керамикой определяется механизмом управления сочетающихся материалов, а также соответствием коэффициентов термического расширения. Горячим прессованием изготовлены композиции в диэлектрическом исполнении различной конфигурации.

## **ДИФфуЗИОННОЕ СОЕДИНЕНИЕ ГОРЯЧЕПРЕССОВАННЫХ ФЕРРИТОВ С НЕКОТОРЫМИ НЕМАГНИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

**Н. Ф. Казаков, А. П. Шишкова, Ю. П. Рылов,  
Х. Я. Шименсас, А. М. Маркин, А. И. Брянский,  
Москва.**

Проблема бездефектного соединения ферритов с немагнитными материалами поставлена в связи с необходимостью создания долговечных ферритовых головок в устройствах магнитной записи.

Работа проводилась на горячепрессованных ферритах марганец-цинковой и никель-цинковой системы.

Приводятся результаты металлографических и электроннографических исследований переходных зон феррит-стеклянных и феррит-металлических соединений, полученных методом диффузионной сварки в вакууме.

В результате исследований получены данные по строению переходных зон, а также установлено, что при температурах ниже 700°C и малых давлениях возможно получить высококачественное соединение ферритов со стеклом практически без изменения физико-механических и электро-магнитных свойств ферритов.

## **ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПРЕССОВОК НА ПЛОТНОСТЬ ФЕРРИТОВ ПОСЛЕ СПЕКАНИЯ**

**Б. В. Макаров,  
Рыбинск.**

Результаты работы позволяют сделать вывод, что использование смесей грубой и тонкой фракции порошка — достаточно эффективный путь увеличения плотности изделий после спекания, однако обычные способы смешивания порошков с последующим гранулированием и полусухим прессованием не обеспечивают достаточно равномерного заполнения крупных пор тонкодисперсным порошком. Это обстоятельство не позволяет полностью реализовать возможности такого способа.

Более эффективно применение тонкодисперсных порошков. В этом случае получение плотности изделий, близкой к теоретической, ограничено в основном скоростью миграции границ зерен при спекании и склонностью материала к аномальному росту зерна.

## **ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ФЕРРИТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ПАРАМЕТРОВ МИКРОМОДУЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ИХ ОСНОВЕ**

**Т. Г. Аминов, Е. П. Безрукова, Г. В. Гегенава, Л. М. Летюк,  
Москва.**

С целью повышения стабильности параметров ферритовых изделий во времени в настоящей работе описывается способ получения галтелей на ферритовых сердечниках диаметром до 7 мм, заключающийся в следующем: галтуются отпрессованные (сырые) сердечники до операции обжига в среде исходного порошка (высушенной гранулированной прессмассы, отделенной от той же партии, из которой прессовались изделия). Преимущество предлагаемого способа:

1. Исключаются возникновение внутренних напряжений и явления магнитной дезаккомодации параметров ферритовых сердечников, которые неизбежно наблюдаются после галтовки изделий, прошедших высокотемпературное спекание.

2. Галтовка в среде исходного порошка исключает возможность попадания инородных примесей и предотвращает механические повреждения сердечников.

3. Значительно сокращается время галтовки, т. к. сердечники до обжига менее твердые.

## **ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ПРЕССОВАНИЕ ФЕРРИТОВ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ**

**А. В. Крупин, С. С. Горелик, В. Я. Соловьев, Б. Е. Левин,  
Б. С. Векшин, И. И. Канева, Т. Д. Лисовская,  
Москва.**

Проведено исследование влияния гидростатического прессования при давлении 20 кбар на структуру и свойства феррита марки 2000НН.

Показано, что применение гидростатического прессования при высоких давлениях позволяет снизить температуру спекания феррита марки 2000НН на 100° при сохранении основных параметров феррита в требуемых пределах.

Применение гидростатического прессования приводит к существенному улучшению температурной зависимости магнитной проницаемости феррита.

Применение гидростатического прессования в сочетании с обычными режимами спекания позволяет получать высокоплотные крупнозернистые ферриты. Возможность существенного снижения температуры спекания гидростатически спрессованных образцов обуславливает возможность получения ферритов с регулируемой микроструктурой.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МАРГАНЦЕВОГО ФЕРРИТА, ЛЕГИРОВАННОГО ОКИСЛАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Л. А. Владимирцева, Л. Г. Никифоров, В. В. Шувалов,  
Рыбинск.**

Керамическим методом приготовлены марганцевые ферриты с добавками окислов лантана, гольмия, гадолиния, иттербия.

Для каждого из редкоземельных ионов найдена предельная концентрация внедрения его в решетку феррита. Концентрация катионных вакансий определялась двумя независимыми методами.

Рассмотрено влияние вводимых окислов на микроструктуру, кинетику образования и электромагнитные свойства исследованных материалов.

### **ТЕРМОМАГНИТНАЯ ОБРАБОТКА НИКЕЛЬ-КОБАЛЬТОВЫХ ФЕРРИТОВ ДЛЯ ПЕРЕСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ**

**Б. Е. Левин, С. С. Горелик, Д. Г. Крутогин,  
Москва.**

Одним из способов создания магнитной текстуры является обжиг или охлаждение ферритов в магнитном поле, т. е. термомагнитная обработка (ТМО). Целью работы было изучение влияния ТМО на магнитные спектры и перестройку частоты в ферритах 5ВЧ и 7ВЧ.

Показано, что магнитная проницаемость ферритов возрастает в 1,3 раза, а магнитные потери снижаются при проведении ТМО в магнитном поле, совпадающем по направлению с высокочастотным полем в ферритовом образце.

Изменение магнитной проницаемости в ферритах коррелирует с содержанием в них кобальта, что позволяет объяснить эффект ТМО магнитным упорядочением ионов кобальта.

Коэффициенты изменения магнитной проницаемости ферритов в некотором интервале поляризующих магнитных полей несколько возрастают после ТМО, что дает основание рекомендовать этот вид обработки для улучшения параметров ферритов, используемых для перестройки частоты.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОМОЛА БРИКЕТОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ФЕРРИТА 8СЧ1**

**Л. С. Орлова, А. Ю. Куленна,**  
Днепропетровск.

В работе исследовалось влияние длительности помола брикетов в вибромельнице и в шаровой мельнице при прочих неизменных технологических операциях на свойства феррита 8СЧ1.

Увеличение длительности помола брикетов в вибромельнице от 15 до 90 минут приводит к монотонному возрастанию намагниченности и объемной плотности и уменьшению общей пористости, все остальные параметры материала остаются в пределах погрешности измерений неизменными.

Последовательный помол в вибрационной и шаровой мельницах дает рост плотности и снижение пористости. При этом электромагнитные параметры существенно изменяются. Возрастает намагниченность и диэлектрическая проницаемость, что позволяет повышать СВЧ-активность изделий из феррита данной марки. Применение при этом поверхностно-активного вещества к заметному изменению параметров феррита не приводит.

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПОВЕДЕНИЕ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МАРГАНЕЦ-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ**

**Л. И. Рабкин, З. И. Новикова, Л. А. Тюрина, В. И. Краевская,**  
Ленинград.

В предыдущих работах авторов, опубликованных в материалах совещания по технологии и физическим свойствам ферритов, происходившего в г. Киеве в июне 1970 г., были рассмотрены вопросы, связанные с исследованием температурных спектров дезаккомодации и явления температурного



гистерезиса начальной магнитной проницаемости марганец-цинковых ферритов некоторых промышленных марок.

В настоящей работе приводятся результаты дальнейшего развития этих исследований. Приводятся петли температурного гистерезиса начальной магнитной проницаемости (ТГМн) в интервале температур от комнатной до +130°C, петли перемагничивания и — М—н — кривые, снимавшиеся на частоте 50 герц.

Полученные результаты подтверждают высказанную ранее авторами точку зрения о том, что все указанные выше явления определяются одними и теми же локальными диффузионными процессами, протекающими в ферритах.

### **ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ МАРГАНЦЕВЫХ И МАРГАНЕЦ-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ ИЗ ГИДРОКИСЕИ МЕТАЛЛОВ**

**В. П. Чалый, Е. Б. Новосадова,**  
Киев.

Установлено, что процесс ферритообразования существенно зависит от способа осаждения гидроокисей (совместное или раздельное осаждение), скорости и порядка смешивания исходных растворов, газовой среды и рН маточного раствора. Изменение концентрации и исходных веществ не оказывает заметного влияния на выход ферритовой фазы.

Изучена кинетика реакции образования марганцевого и марганцево-цинкового ферритов при термообработке совместно осажденных гидроокисей с маточным раствором. Показано влияние на процесс ферритообразования введения третьего компонента — гидроокиси цинка. Рассчитана энергия активации реакции образования указанных ферритов (6,4—10,2 и 5,6—8,5 ккал/моль соответственно).

### **ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ФЕРРИТОВОГО ПОРОШКА МАРКИ 8СЧ1 НА СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ**

**В. П. Чалый, Е. Н. Лукачина, С. П. Станишевская,**  
**В. Я. Дубоссарская,**  
Москва, Киев.

Методами химического и рентгенофазового анализа, а также магнитных измерений изучены свойства гидроокисей

ферритовых порошков марки 8СЧ1 и изделий из них при различном содержании  $Al_2O_3$  и  $CoO$ .

Установлено, что уменьшение содержания  $Al_2O_3$  на 0,4 вес.% по сравнению с заданным составом, вызванное частичным растворением гидроокиси алюминия при рН маточного раствора 11,0—11,6, не влияет на свойства изделий. При рН 12,0 и выше, когда растворяются более 0,7 вес.%  $Al_2O_3$ , наблюдается увеличение ширины полосы ферромагнитного резонанса ( $2\Delta H$ ) и величины  $4\pi I_s$ .

Показано, что оптимальными свойствами обладают изделия из ферритового порошка, содержащего  $CoO$  от 0,45 до 0,55 вес.%.

Установлено, что примесь  $Na_2O$  до 2,0 вес.% не ухудшает магнитные свойства изделий; при этом увеличивается их плотность и снижается температура спекания.

### **БИНАРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ГИДРООКИСИ ХРОМА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРИТОВ**

**В. П. Чалый, З. Я. Макарова, В. Т. Зоря,**

Киев.

С помощью ряда физико-химических методов исследованы структурные превращения, протекающие при прокаливании четырех систем, где первыми компонентами являются гидроокиси магния, никеля (II), цинка и железа (III), а вторым — гидроокись хрома с различным соотношением компонентов.

Установлено, что совместное осаждение гидроокисей в первых трех системах способствует понижению температуры образования хромитов по сравнению со спеканием окислов. Хромиты без примеси посторонних фаз появляются только при шпинельном соотношении компонентов. При других соотношениях избыточный компонент выделяется в виде окиси. Прокаливание с гидроокисью железа (III) приводит к образованию окислами железа и хрома непрерывного ряда твердых растворов замещения.

Полученные результаты важны для синтеза многих марок ферритов и катализаторов.

### **ФЕРРИТООБРАЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ $Li_2CO_3-ZnO-Fe_2O_3$**

**А. В. Полицук, Л. Л. Шорина, Л. Я. Мюндин, Я. Н. Лещинская,**

Ивано-Франковск, Киев.

Путем дифференциальной термографии, химическим и рентгенофазовым анализами, измерением удельной намагни-

ченности насыщения изучена тройная система  $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{—ZnO—Fe}_2\text{O}_3$ , в которой содержание всех окислов соответствует двум ферритам —  $\text{Li}_{0,4}\text{Zn}_{0,2}\text{Fe}_{2,4}\text{O}_4$  и  $\text{Li}_{0,2}\text{Zn}_{0,6}\text{Fe}_{2,2}\text{O}_4$ .

Связывание лития и  $\text{ZnO}$  в системе с большим содержанием заканчивается после полуторачасового синтеза при  $800^\circ\text{C}$ .

В этих же условиях, во второй системе реакция превращения не завершается. Процессы синтеза феррита  $\text{Li}_{0,4}\text{Zn}_{0,2}\text{Fe}_{2,4}\text{O}_4$  идут с большими скоростями, чем  $\text{Li}_{0,2}\text{Zn}_{0,6}\text{Fe}_{2,2}\text{O}_4$ .

Определен фазовый состав продуктов, синтезированных в течение 15, 30, 45, 90 мин. в температурной области  $500\text{—}800^\circ\text{C}$  (интервал  $50^\circ$ ).

### **КИНЕТИКА РЕАКЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ ФЕРРИТА НИКЕЛЯ ИЗ ОКИСЛОВ В ПРИСУТСТВИИ ДОБАВКИ $\text{NiCl}_2$**

**А. Г. Червинко, Л. Я. Мондин, П. С. Червинко,  
Ивано-Франковск.**

Обнаружено, что небольшие добавки солей, содержащих ионы  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ , увеличивают скорость образования феррита никеля из окислов. Исследована кинетика образования феррита никеля в присутствии добавки 0,5%  $\text{NiCl}_2$ . Смеси окислов с добавкой  $\text{NiCl}_2$  и без добавки обжигались при температурах  $700\text{—}1000^\circ\text{C}$ , в течение различных промежутков времени. Количество образовавшегося феррита в смеси определялось при помощи метода селективного растворения и по величине удельной намагниченности насыщения исследуемых образцов. При всех исследованных температурах скорость реакции велика в течение первых 5—10 минут, а затем сильно уменьшается. Данные экспериментов подчиняются уравнению Блума и Ли.

### **ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ПОРОШКА НА КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МАГНИЙ-МАРГАНЦЕВЫХ ФЕРРИТОВ**

**Ю. М. Соловьев, М. П. Мышенкова, М. П. Радченко,  
Ленинград.**

Исследована зависимость между дисперсностью порошка промышленных марок 0,2 ВТ и 2 ВТ, кристаллической струк-

турой и электромагнитными параметрами образцов на его основе.

Повышение дисперсности порошков приводит к изменению структуры в спеченном изделии в сторону изменения размера зерна и плотности, что сказывается на величине электромагнитных параметров готовых изделий.

Рассматривается зависимость размера зерен в спеченном изделии от дисперсности исходного порошка. Показано, что изменение электромагнитных параметров изделий связано с величиной зерна и плотностью.

## **ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ГЕКСАФЕРРИТОВ В УСТРОЙСТВАХ СВЧ**

**В. К. Куневич, Д. Е. Громзин,**  
Ленинград.

В докладе определены требования, предъявляемые к магнитным материалам для ферритовых устройств миллиметрового диапазона, и способы получения материалов с заданными свойствами на основе изучения кристаллической структуры. Сообщается об экспериментальных исследованиях и практическом применении некоторых гексаферритов со структурами  $M$ ,  $W$ ,  $Z$ . Особое внимание уделяется обеспечению температурной стабильности ферритовых устройств. В основном рассматриваются ферритовые вентили на поликристаллических образцах и ферритовые фильтры на монокристаллах. Приводятся другие возможные применения гексаферритов.

## **ФЕРРОМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В МОНОКРИСТАЛЛАХ ГЕКСАФЕРРИТОВ СО СТРУКТУРОЙ $W$ , $Y$ , $Z$**

**Д. Е. Громзин, В. Д. Воронков, В. К. Куневич, Р. И. Зверева.**  
Ленинград.

Монокристаллы гексаферритов  $Ni_2W$ ,  $Zn_2W$ ,  $Ni_2Y$ ,  $Zn_2Z$  с большими полями анизотропии (5—17 кэ), выращены из раствора в расплаве. Основное внимание уделялось получению качественных образцов, обладающих узкой линией ферромагнитного резонанса (ФМР). Исследование ФМР проведено в широкой области миллиметрового диапазона (22—70 ГГц) при температурах 120—520°К в статических и импульсных магнитных полях при различной ориентации кри-

сталлов. В кристаллах системы Y и Z обнаружено аномальное уширение линии ФМР ( $\Delta H$ ) при низких температурах. Обсуждается механизм уширения  $\Delta H$ , связанный с перестройкой магнитной структуры. Результаты сопоставляются с температурной зависимостью поля анизотропии  $H_A$ . Монокристаллы  $Ni_2W$  обладают наиболее стабильными по температуре величинами  $H_A$  и  $\Delta H$ .

В работе обсуждаются возможности применения исследованных монокристаллов в резонансных устройствах.

### **ЧАСТОТНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ НИКЕЛЕВЫХ ФЕРРОКСПЛАНОВ ТИПА У**

**В. П. Авраменко, И. В. Тимченко,**  
Днепропетровск.

Исследованы температурные и частотные зависимости электропроводности никелевых ферроокспланов типа У, синтезированных при различных технологических режимах (быстрое и медленное охлаждение), а также подвергнутых дополнительной термообработке в атмосфере кислорода, азота и углекислого газа. Измерения проводились в температурном интервале ( $-170^{\circ}$ — $300^{\circ}C$ ) на постоянном токе и в переменных полях частоты  $10^3$ — $2 \cdot 10^7$  гц. Обнаружена дисперсия электропроводности. В области положительных температур ( $20^{\circ}$ — $300^{\circ}C$ ) наблюдается уменьшение энергии активации и удельного сопротивления с увеличением частоты, начиная с  $10^3$  гц. С понижением температуры степень дисперсии электропроводности возрастает. Усиление дисперсии в области отрицательных температур сопровождается заметным ослаблением температурной зависимости электропроводности.

### **НИЗКОКОЭРЦИТИВНЫЕ СВЧ ФЕРРИТЫ С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЕТЛЕЙ ГИСТЕРИЗА**

**Б. Е. Левин, Л. М. Летюк, П. П. Кирячок,**  
**О. А. Лосева, А. Ф. Пономарева,**  
Москва.

В данной работе приводятся результаты исследования влияния окислов  $Bi_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $ZnO$ ,  $In_2O_3$  и др. на электромагнитные параметры некоторых Mg—Cu-ферритов.

При этом в качестве исходного состава использовался феррит марки ЗСЧ15.

Показано, что частичная замена  $MgO$ ,  $CuO$ ,  $Fe_2O_3$  основного состава на упомянутые выше окислы, в частности на  $ZnO$  и  $In_2O_3$ , приводит к увеличению магнитной индукции и намагниченности насыщения, а также к существенному снижению коэрцитивной силы.

Из полученных экспериментальных данных следует, что использование окиси индия в качестве замещающей добавки благоприятствует получению более высоких электромагнитных характеристик исследованных ферритов, существенному снижению коэрцитивной силы и повышению активности (фазовой). При этом коэффициент прямоугольности петли гистерезиса снижается незначительно.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ФАЗОВОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО И ОКОНЧАТЕЛЬНОГО ОБЖИГОВ ПРИ СИНТЕЗЕ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ СИСТЕМЫ $Y_2O_3 - Gd_2O_3 - Fe_2O_3$ ,

И. И. Паздников, В. А. Котелевский, Е. Г. Морозов, И. Н. Ривкин,  
Пышма.

Методами рентгеноструктурного, рационального химического и микроскопического анализов установлено обязательное присутствие в синтезированных ферритах-гранатах, не соответствующих требованиям по электромагнитным параметрам, не только ортоферрита, но и свободной окиси железа. Несмотря на избыток редкоземельных окислов в смеси свободных  $Y_2O_3$  и  $Gd_2O_3$  не обнаружено ни в продуктах предварительного обжига, ни в готовых препаратах после окончательного обжига.

Выявлена зависимость результатов окончательного обжига по составу феррит-граната и его свойствам от фазового состава продукта предварительного обжига, а именно определенного соотношения фаз граната, перовскита и свободной окиси железа. Показано, что снижение содержания окиси железа и повышение концентрации граната в продукте предварительного обжига за предельную величину, связанную с технологическими параметрами окончательного обжига, приводит к резкому ухудшению качества синтезируемых феррит-магнитных гранатов.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРИТА 30СЧ6 НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА**

**М. Н. Ривкин, И. П. Паздников, Е. Г. Морозов,  
В. А. Котелевский, Ю. Н. Афанасьев,  
И. И. Сильвестрович, И. С. Рыбачук,  
Пышма.**

В докладе рассмотрены особенности технологической схемы производства иттрий-гадолиниевого граната нестехиометрического состава.

Рассмотрено влияние исходных окисей на качество получаемого продукта. Определены оптимальные режимы помола, прессования и обжига с целью получения крупных партий ферритов с заданными свойствами. Описаны способы технологического контроля синтезированного материала в процессе производства.

## **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА СМЕШЕНИЯ НА КИНЕТИКУ СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВ ИТТРИЕВЫХ И ИТТРИЙ-ГАДОЛИНИЕВЫХ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ**

**И. С. Рыбачук, И. И. Сильвестрович, Б. Е. Левин, И. И. Канева,  
Москва.**

Проведено исследование влияния режима смешения на активность ферритовой шихты. Показано, что интенсивность спекания феррогранатов марок 30СЧ6 и 10СЧ6 существенно зависит от режима смешения компонентов. Наибольшая интенсивность спекания наблюдается у партий порошков, обладающих более высокой дисперсностью и большей энергией микроискажений частиц, накопленной в процессе смешения. Наилучшие условия для получения активных порошков создаются смешением в шаровой мельнице при соотношении смешиваемой массы мелющих тел и воды, как 1:7, 5:1.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИИ И КИНЕТИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ФЕРРИТОВ ИТТРИЯ**

**М. В. Книга, М. К. Матук,  
Минск.**

Методами фазового химического, рентгеновского, термографического ИК-спектроскопического анализов изучены ус-

ловия и кинетика образования  $YFe_2O_3$  и  $Y_3Fe_5O_{12}$  при термическом разложении совместно осажденных гидроокисей иттрия и железа (молярные соотношения Y и Fe 1:1, 1:2, 2:1, 1:3, 3:1, 3:5) в температурном интервале 400—800°C.

Изучение условий соосаждения проводилось при постоянном исходном содержании ионов иттрия и железа (0,025 г-ион/л) и переменном количестве аммиака, обеспечивающем молярное отношение  $n = [NH_4OH]/[Y^{+3}] + [Fe^{+3}]$  от 0,25 до 4,00.

Исследование условий осаждения гидроокисей иттрия и железа показало, что совместное полное осаждение гидроокисей иттрия и железа (1:1) начинается при  $n=2,5$ ,  $pH=8$ .

### **О ВЛИЯНИИ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА НЕОДНОРОДНОСТЬ ФЕРРИТОВОЙ ШИХТЫ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГОТОВЫХ ФЕРРИТОВ**

**И. С. Рыбачук, Ю. М. Синайский, И. И. Сильвестрович,  
Ю. Н. Афанасьев,  
Москва.**

Целью настоящей работы было определение влияния некоторых технологических факторов на неоднородность смеси исходных компонентов, а также влияние последней на повышение активности ферритовой шихты и улучшение параметров готовых изделий.

Исследовалась шихта алюмо-магниево-ириевой системы марки 8СЧ-1 и иттрий-гадолиниевого феррита-граната. Смешение компонентов проводили в шаровой мельнице, в качестве среды использовали воду.

На шихте марки 8СЧ-1 показано, что:

- 1) уменьшение удельной загрузки шихты (например, уменьшение размера шаров) ведет к улучшению шихты;
- 2) с уменьшением неоднородности объемный вес образцов растет, а пористость уменьшается, что объясняется лучшими условиями спекания.

С учетом проведенных экспериментов были рекомендованы режимы смешения исходных компонентов иттрий-гадолиниевого феррита-граната.



## **ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНЫМИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ФЕРРИМАГНЕТИКОВ ВВЕДЕНИЕМ ИОНОВ-АКТИВАТОРОВ**

**Д. Е. Бондарев,**  
Москва.

Известно, что реализация магнитных и электрических свойств ферритов определяется режимами технологии и композицией окисной матрицы. Если технологические параметры легко оптимизируются выбором внешних факторов, например, чистотой окислов, прессованием, термической обработкой, то тривиальность управления свойствами системы не всегда очевидна, какой бы простой ни была окисная матрица.

В силу этих обстоятельств делается попытка проследить за наличием качественной взаимосвязи теории слабого ферромагнетизма Дзялошинского с учетом спонтанной самокомпенсации и декомпенсации спинов электронов ферритообразующих ионов матрицы. В этом плане рассматривается концентрационная модель Каплана и ее роль в фиксировании угловых положений спиновых состояний в процессе ферритизации. Эффекты этой взаимосвязи анализируются на примере данных нормализованной обменной энергии, магнитных, электрических параметров окисных систем.

### **ФЕРРИТОВЫЕ СЕРДЕЧНИКИ ДЛЯ ЗУ ЭВМ**

**В. Г. Глов,**  
Москва.

Температурностабильные ферриты для ЗУ обыкновенно синтезируются на основе литиевого феррита, причем применяются температуры порядка 1200—1300°C и окислительная атмосфера. Возможен, однако, синтез температурностабильных ферритов для ЗУ в воздушной атмосфере при температурах на несколько сот градусов более низких. Снижение температуры обжига достигается введением в ферриты подходящих флюсов, активирующих спекание.

Такая технология в настоящее время наиболее дешевая и обеспечивает высокую воспроизводимость свойств ферритовых сердечников. Она широко внедрена в промышленность. На ее основе разработаны, например, ферриты ЗВТ диаметром 0,8 мм, на которых конструируются ЗУ ЭВМ.

## О ВЛИЯНИИ ПЕРЕХОДА БЕСПОРЯДОК—ПОРЯДОК НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ЛИТИЕВОГО ФЕРРИТА

К. Д. Дугар-Жабон,  
Истра.

Исследовалось влияние режимов термообработки, определяющих степень упорядочения В-ионов, на импульсные характеристики сердечников с прямоугольной петлей гистерезиса (ППГ) из литиевого феррита.

Сердечники из Li-феррита, находящегося в упорядоченном состоянии (для этого сердечники охлаждались достаточно медленно от температуры 1000°C до 300°C), обладали высоким отношением сигнала к помехе  $uv_1/dv_2$  и, следовательно, высокой прямоугольностью петли гистерезиса. После резкой закалки от температуры 850°C в воду сердечники обладают низким  $uv_1/dv_2$ . Однако после дополнительной термообработки, снимающей закалочные напряжения, но не влияющей на неупорядоченное состояние феррита, значение  $uv_1/dv_2$  этих сердечников стало высоким. Следовательно, низкое отношение  $uv_1/dv_2$  сердечников после резкой закалки обусловлено закалочными напряжениями, а не неупорядоченным состоянием.

## О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ТЕХНОЛОГИИ ФЕРРИТОВ С ППГ

К. Д. Дугар-Жабон,  
Истра.

При синтезе ферритов с ППГ необходимо выбирать такие составы, значения критических размеров однодоменности которых наиболее благоприятны для обеспечения определенного уровня  $H_c$ . Например, при синтезе ферритов с повышенной  $H_c$  ( $\geq 4-5$  э) необходимо выбирать материал с достаточно высоким значением  $d_c$ , т. к. его можно спекать при температурах достаточно высоких для обеспечения необходимой плотности феррита, а высокое значение  $d_c$  позволяет получить достаточно низкие для повышенной  $H_c$  значения  $l$ , несмотря на рост зерна при повышенных температурах. Например, при синтезе низкокоэрцитивных ферритов с ППГ практически полезно с целью избежания «пережога» выбирать материал с пониженным значением  $d_c$ , т. к. при сопоставимых размерах зерен такой материал будет обла-

дать более высоким значением  $I$ , следовательно, более низкой  $H_c$ . При синтезе ферритов с повышенным быстродействием и высокой квадратностью петли гистерезиса нужно выбирать составы с достаточно высокими  $d_c$ .

### **НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИТИЙСОДЕРЖАЩИХ ФЕРРИТОВ С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЕТЛЕЙ ГИСТЕРЕЗИСА ПРИ СПЕКАНИИ**

**С. С. Горелик, Э. А. Бабич, Л. М. Летюк, В. А. Нифонтов,**  
Москва.

Данная работа посвящается исследованию взаимосвязи между зерновой структурой Li-содержащих ферритов с ППП, содержащих добавки окислов ванадия и их импульсными параметрами.

В зависимости от времени выдержки при температуре спекания были получены образцы с различной величиной кристаллитных зерен. Кривые зависимости импульсной квадратности  $\frac{uv_1}{dv_2}$ , амплитудного значения выходного сигнала

$uv_1$  от времени выдержки при изотермическом спекании имеют максимумы при некотором минимальном времени, которое увеличивается при уменьшении температуры спекания, а кривые времени и тока перемагничивания (соответственно  $t_s$  и  $I_m$ ) при тех же значениях времени выдержки имеют

перегиб. Абсолютные величины максимумов на кривых  $\frac{uv_1}{dv_2}$  и  $uv_1$  увеличиваются с повышением температуры спекания, при этом значение  $t_s$  увеличивается, а  $I_m$  уменьшается.

Констатируется установление зависимости между размером «первичного» зерна, определяемым величиной частиц исходного порошка и минимальным временем спекания, и уровнем импульсных параметров исследованных ферритов.

### **ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ФЕРРИТОВЫХ ЗАПОМИНАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ПРОКАТКИ ФЕРРИТОВОГО ПОРОШКА**

**С. Ю. Софронова, Н. Н. Павлов, Я. М. Беккер,**  
Ленинград.

Использование метода прокатки ферритового пресспорошка как метода формирования интегральных ферритовых за-

поминающих элементов дает хорошие результаты в достижении высокой и однородно распределенной плотности в многоотверстных ферритовых пластинах состава 2ВТ, т. к. процесс уплотнения ферритового пресспорошка происходит в стационарных условиях.

Исследование начального неустановившегося и конечного нестационарного периодов прокатки ферритового порошка, содержащего 0,7% вес. пластификатора, показало, что угол поворота валков  $\varphi_n$ , соответствующий окончанию начального неустановившегося периода, составляет  $35^\circ$ , а угол поворота валков  $\varphi_k$ , соответствующий началу конечного нестационарного периода, равен  $75^\circ$ . Плотность получающейся ферритовой ленты зависит от упругих деформаций элементов стана. Показано, что при зазоре, равном нулю, максимальная плотность ленты без дефектов ( $\gamma = 3,15 - 3,20 \text{ г/см}^3$ ) была получена при предварительном поджатии валков прокатного стана, равном 12 т.

### **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУР ТЕРМООБРАБОТКИ ШИХТЫ НА ПРОЦЕССЫ СПЕКАНИЯ ФЕРРИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ППГ**

**Ю. М. Хомяков,**  
Москва.

Исследование микроструктуры и импульсных характеристик образцов медно-марганцевой системы позволило выделить пять этапов спекания в зависимости от основных процессов, проходящих на каждом этапе. Изменение процессов спекания для порошков с различной термообработкой в значительной степени отражается на импульсных характеристиках сердечников с ППГ. Низкие температуры предварительного обжига шихты ( $800^\circ\text{C}$  и ниже), а также высокие температуры ( $1050^\circ\text{C}$  и выше) не дают возможности получить сердечники с ППГ с удовлетворительными импульсными характеристиками. Оптимальные импульсные характеристики могут быть получены при использовании порошков, прошедших предварительный обжиг в интервале температур от  $900^\circ\text{C}$  до  $1000^\circ\text{C}$ , при изменении коэрцитивной силы сердечников от 1 эрстеда до 3 эрстед.

## **ВЛИЯНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА НА СВОЙСТВА И МИКРОСТРУКТУРУ КАЛЬЦИЙ-СОДЕРЖАЩИХ ФЕРРИТОВ МЕДНО-МАРГАНЦЕВОЙ СИСТЕМЫ С ППГ**

**Ю. М. Хомяков, В. Ф. Беляева,**

Москва.

Изотермическому отжигу подвергались образцы феррита медно-марганцевой системы состава  $Mn_{1,455}Cu_{0,09}Fe_{1,455}O_4$ , где до 10% мол.  $MnO$  замещалось на  $CaO$ . Приготовленные по обычной керамической технологии и спеченные сердечники подвергались анализу по статическим и импульсным характеристикам. Затем, образцы подвергались изотермическому отжигу при температурах от  $300^{\circ}C$  до  $600^{\circ}C$  с выдержкой до 2 часов. Приведено изменение статических и импульсных характеристик сердечников при изменении температур и времени выдержки при изотермическом отжиге.

Увеличение температур и времени выдержки при отжиге приводит к снижению магнитной индукции и увеличению коэрцитивной силы сердечников. При этом прямоугольность петли гистерезиса и импульсные характеристики сердечников не ухудшаются. Приведено изменение микроструктуры как с поверхности, так и с излома образцов при изменении режимов изотермического отжига. Микроструктура исследовалась с помощью электронного микроскопа методом реплик.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ СПЕКАНИЯ НА СВОЙСТВА И МИКРОСТРУКТУРУ ЛИТИЕВОГО ФЕРРИТА**

**В. Д. Козьмина, Н. М. Григорьева, В. М. Голубев, Ю. М. Хомяков,**

Москва.

Исследовалось влияние режимов спекания на электромагнитные свойства и микроструктуру литиевых ферритов состава  $Li_x Fe_{2,5}O_4$  при изменении содержания лития  $X=0,49-0,54$ . Образцы приготавливались по обычной керамической технологии. Проведены измерения удельного объемного сопротивления, статических и импульсных характеристик в зависимости от состава и режимов спекания. Результаты измерения показали тесную взаимосвязь между удельным объемным сопротивлением, магнитными характеристиками и микроструктурой ферритов. Введение избытка лития дает возможность получить удовлетворительные импульсные характеристики сердечников, что является следствием изменения процессов спекания материалов. Результаты обсуждаются.

## НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ФЕРРИТОВЫХ ПЛАТ

Ю. Н. Афанасьев, А. И. Белов, И. И. Сильвестрович,  
Е. М. Чернышова,  
Москва.

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ЛИТИЙ-СОДЕРЖАЩИХ ФЕРРИТОВ

В. А. Граник, Ю. Г. Метлин, А. П. Можаяев, Н. Н. Олейников,  
Ю. Д. Третьяков, В. И. Фадеева,  
Москва.

Рассмотрено влияние особенностей керамической структуры, характера и распределения точечных дефектов, размера областей сверхструктурного упорядочения на магнитные свойства литий-содержащих ферритов.

Методами рентгеноструктурного анализа определены характер и распределение точечных дефектов в поликристаллических образцах феррита лития составов



Показано, что доминирующим типом дефектов в феррите состава 2 являются вакансии в октаэдрической подрешетке, а в ферритах 1, 3 и 4 — внедренные ионы в октаэдрической подрешетке. Независимые исследования характера точечных дефектов методом электропроводности подтвердили сделанные выводы.

## ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОБАВОК ОКИСЛОВ РЗМ НА СВОЙСТВА ЛИТИЕВОГО ФЕРРИТА

Л. А. Верменко, Т. Я. Гридасова, М. П. Димитрова,  
Киев.

Керамическим методом получены литиевые ферриты, легированные окислами РЗМ иттриевой подгруппы согласно формуле:



где  $x=0,01-0,1$ ,  $\text{R}_2\text{O}_3$  — окисел РЗМ.

Исследованы некоторые свойства полученных ферритов. Результаты рентгеновского и металлографического анализа показали, что предполагаемое замещение имеет место при малых значениях  $X$ .

Свойства полученных материалов (удельное электросопротивление при комнатной температуре, коэффициенты прямоугольности и квадратности петли гистерезиса) изменяются согласно степени растворения окисла РЗМ в литиевом феррите.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО САМОРАЗОГРЕВА ФЕРРИТОВЫХ СЕРДЕЧНИКОВ С ППГ**

**Э. С. Зиборов, Г. А. Гомзина,**  
Москва.

Экспериментально исследован саморазогрев ферритовых сердечников с коэрцитивной силой от 1,3 э до 5 э, размерами от  $1,4 \times 1,0 \times 0,6$  мм<sup>3</sup> до  $0,6 \times 0,4 \times 0,13$  мм<sup>3</sup> в зависимости от частоты следования перемагничивающих импульсов. Разработана методика оценки саморазогрева ферритов, на основе которой определялся температурный ход коэрцитивного тока, температурный коэффициент коэрцитивной силы, коэффициент теплоотдачи и мощность, выделяемая в сердечниках при их перемагничивании. Установлено, что температура саморазогрева ферритовых сердечников линейно зависит от частоты следования перемагничивающих импульсов вплоть до критической.

Определена зависимость саморазогрева сердечника от числа намотанных на сердечник витков. Установлено, что доля теплопроводности в полной теплоотдаче составляет 15% и 26% для сердечников с 2 и 4 витками соответственно.

### **МАГНИТНОЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ В ФЕРРИТАХ**

**В. Г. Глотов, Э. С. Зиборов, Г. Д. Пучкова,**  
Москва.

Исследовано специфическое магнитное последствие на сердечниках из Li—Co-феррита. В отличие от обычного последствия, выражающегося в отставании изменения магнитного потока от изменения поля, исследуемое последствие проявляется в отставании изменения порога перемагничива-

ния от изменения поля, в результате чего изменяется коэрцитивная сила и происходит сдвиг петли гистерезиса по оси поля. Временные изменения порога перемагничивания, коэрцитивной силы имеют место и после выключения поля. Направление сдвига петли определяется временной несимметрией перемагничивающих импульсов. С целью снятия эффекта обычной динамической вязкости длительность импульсов поля превышала время перемагничивания ферритов. В поле 1,5 Нс временные эффекты были наиболее выражены. Наблюдалось длительное (до 20 мин.) изменение коэрцитивной силы, формы сигнала перемагничивания сердечника при практически неизменном магнитном потоке.

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ ФЕРРИТОВ**

**Г. Н. Игнатьев, В. М. Варакина, В. В. Проценко, Л. В. Терехова,  
Д. Е. Бондарев,**  
Москва.

В настоящей работе проведен сравнительный анализ обобщенных импульсных характеристик термостабильных ферритов.

Для проведения статистического анализа был использован импульсный характериограф ИХ-4 в сочетании со струйной термокамерой.

Оценка импульсных свойств ферритовых сердечников производилась по таким параметрам: быстродействие, импульсная прямоугольность, ток переключения при температурах  $-60^{\circ}\text{C}$ , комнатных и  $+70^{\circ}\text{C}$ .

Дан сравнительный анализ импульсных характеристик рассмотренных выше марок отечественных и зарубежных термостабильных ферритов с экспериментальными партиями скандий-литийсодержащих микросердечников.

Данный метод оценки импульсных свойств термостабильных ферритов на установке типа ИХ-4 можно рекомендовать для анализа сердечников в производственных условиях.



## **О ВЛИЯНИИ ДЕФЕКТОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ Mg—Mn-ФЕРРИТОВ С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЕТЛЕЙ ГИСТЕРЕЗИСА**

**С. С. Горелик, В. А. Граник, Б. Е. Левин,  
Л. М. Летюк, Л. З. Пивоваров,  
Москва.**

На примере феррита состава  $Mg_{0,883} Mn_{0,476} Fe_{1,691} O_{4+\gamma}$  рассмотрено влияние катионных вакансий и связанной с ними величины дефектности шпинели ( $\gamma$ ) на магнитные свойства Mg—Mn-ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса (ППГ).

Показано, что максимальная квадратность петли гистерезиса для каждого из фиксированных высокотемпературных состояний достигается у образцов, величина  $\gamma$  которых соответствует однофазной шпинельной структуре вблизи высококислородной границы.

Предложена качественная модель, в соответствии с которой количество катионных вакансий определяет степень равномерности распределения в материале химических неоднородностей, связанных с ионами  $Mn^{3+}$ . Эта модель позволяет объяснить наблюдаемую зависимость формы петли гистерезиса Mg—Mn-ферритов с ППГ от величины дефектности кристаллической структуры.

## **ДЕФЕКТЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ, ИХ ПРИРОДА И ВЛИЯНИЕ НА КОЭРЦИТИВНУЮ СИЛУ И КВАДРАТНОСТЬ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА**

**Л. Г. Турро, Л. И. Энтина, Л. В. Бобарыкина,  
Ленинград.**

В работе представлены результаты исследования влияния дефектов структуры на коэрцитивную силу и квадратность петли гистерезиса. На основе структурного анализа дана классификация дефектов, имеющих место в Mg—Mn—Ca-феррите.

Проделанная работа позволила сделать вывод, что раковины и крупные поры внутри зерен и по их границам, выделение второй фазы, а также значительные концентрации локальных химических неоднородностей внутри зерен вызы-

вают понижение квадратности примерно на 30%. Перечисленные выше структурные дефекты, а также внутризеренная пористость увеличивают коэрцитивную силу более, чем в два раза при неизменном размере зерна.

### **О ВЛИЯНИИ РАЗМЕРОВ ЗЕРЕН ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРРИТОВ НА ФОРМУ ИХ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА**

**Л. М. Летюк, В. А. Нифонтов, Э. А. Бабич,**  
Москва.

В работе рассматривается магнитный кубический поликристалл с достаточно высоким значением отрицательной константы магнитной кристаллографической анизотропии. При переходе из состояния насыщения в состояние остаточной намагниченности вектор намагниченности  $I_s$  каждого зерна поворачивается к одному из ближайших направлений [111], которые распределены по сплошному конусу с полувертикальным углом  $\Theta_m = 54,7^\circ$ .

Получено выражение о влиянии разброса зерен по размерам на форму петли гистерезиса, на основании которой можно построить для разных значений  $\sigma$  «спинку» петли гистерезиса при действии отрицательного поля  $H$  и показать, что увеличение разброса зерен по размерам приводит к уменьшению квадратности петли.

### **РОЛЬ КЛАСТЕРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В УПРАВЛЕНИИ КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛОЙ В ЛИТИЙ-СКАНДИЙСОДЕРЖАЩИХ ФЕРРИТАХ**

**Д. Е. Бондарев, П. П. Киричок, Г. С. Подвальных,**  
**М. А. Шамапов,**  
Ивано-Франковск.

В работе анализируется природа взаимосвязи величины внутренних микронапряжений и коэрцитивной силы на примере систем  $Li_{0,5}Fe_{2,5-x}Mn_xO_4$   $Li_{0,5}Fe_{2,5-(a+x)}Mn_aSc_xO_4$ . Рекомендуются практические пути управления уровнем коэрцитивной силы за счет использования потенциальной характеристики коэрцитивности исходной окисной матрицы системы.

На основании данных рентгенофазного анализа установлены границы образования кластерных полей в литий-марган-

цевой матрице от концентрации скандия при значениях марганца  $a=0,10; 0,30$ . Установлено, что спонтанное деление зерен в литиевой матрице зависит от концентрации скандия. Внутриверенные кластерные образования находятся во взаимосвязи с величиной внутренних микронапряжений в системе.

### **МАГТИСТЕРЫ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТОВ С ППГ**

**Л. Н. Тульчинский, А. А. Костыря, А. З. Бураковский,  
Б. Ш. Эпштейн,  
Киев.**

На двухотверстных элементах-ферродах с серебряными электродами исследованы температурная зависимость магнитных и электрических свойств и сняты вольтамперные характеристики.

Определены условия соответствия температурных зависимостей этих свойств при нагреве образца от внешней среды (в термостате) и при помощи электрического тока, проходящего через образец.

В обоих случаях нагрева наблюдается совпадение сопротивления только в однородных образцах. В неоднородных образцах с увеличением тока электропроводность растет быстрее, чем магнитные параметры.

Аналогичное исследование, проведенное на кольцевых сердечниках-магнисторах марки ИМ-2, показали одинаковое изменение электрических и магнитных свойств при различных способах нагрева.

Исследования различных материалов с ППГ показали, что в магтистерах могут быть использованы ферриты, достаточно однородные по электрическим свойствам, сохраняющие высокое значение прямоугольности до  $60^{\circ}\text{C}$ .

### **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПРЯМОУГОЛЬНОСТЬ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА ИТТРИЕВОГО ФЕРРОГРАНАТА**

**Л. А. Воробьева, С. Л. Мацкевич,  
Ленинград.**

Исследовано влияние отклонений в содержании окиси железа от стехиометрического на микроструктуру и электромагнитные характеристики иттрий-железного граната

$\text{U}_3\text{Fe}_{5+x}\text{O}_{12+6}$ , где  $x=+0,4; +0,2; -0,2; 0; -0,2; -0,4; -0,6$ .

Установлено, что при избыточном содержании окиси железа имеет место увеличение размеров зерен и образование включений фазы гематита, а при недостатке окиси железа наблюдается мелкозернистая структура с включениями фазы перовскита. При содержании окиси железа, близком к стехиометрическому, обнаружена область гомогенности, включающая композиции с небольшим недостатком окиси железа до  $x = -0,4$ .

Показано, что наибольшая прямоугольность петли гистерезиса наблюдается при недостатке окиси железа. Изменение размеров зерна в пределах от 15 мкм до 5 мкм не оказывает существенного влияния на величину остаточной индуктивности.

### **ПРИРОДА ИЗОМОРФНЫХ ЗАМЕЩЕНИЙ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРРИТНЫХ ФАЗ СЛОЖНОГО СОСТАВА**

**Т. Я. Малышева, В. Я. Лядова, А. А. Давидюк,  
А. М. Чернышев, В. Н. Еременко,  
Москва.**

Методами твердофазного спекания и плавления получена широкая гамма твердых растворов глинозема в моноферритах  $\text{CaFe}_2\text{O}_4$  и  $\text{CaFe}_4\text{O}_7$  с орторомбической и гексагональной структурами, глинозема и окиси кальция в кубическом моноферрите-алюминате.

Изучены термодинамические условия образования полученных сложных ферритов в различных диапазонах температур.

Сочетание рентгеноспектрального, рентгеноструктурного и оптического методов исследования позволило установить пределы и кристаллохимическую природу замещений в ферритных фазах систем:  $\text{CaFe}_2\text{O}_4\text{—Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaFe}_4\text{O}_7\text{—Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{—Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{—CaO}$ .

Рентгеноспектральным микронзондированием исследовано изменение химического состава сложных ферритов при изотермической выдержке с различным парциальным давлением кислорода.

Установлена взаимосвязь между составом сложных ферритных фаз и их физико-химическими свойствами.

## **ВЛИЯНИЕ ПАРАМАГНИТНЫХ ПРИМЕСЕЙ НА АНИЗОТРОПИЮ НАМАГНИЧИВАНИЯ ФЕРРИТОВ СО СТРУКТУРОЙ ГРАНАТА**

**А. М. Балбашов, В. А. Потакова, С. Г. Павлова,**  
Москва.

Методом механических вращающихся моментов исследована магнитная анизотропия гадолиниевого граната, содержащего кремний, и иттрий-галиевого граната вблизи температуры компенсации. Измерена температурная зависимость первой константы магнитокристаллической анизотропии,  $K_1$ , и константы одноосной магнитной анизотропии,  $K_n$ .

Показано, что при увеличении температуры  $K_1$  уменьшается. Характер температурной зависимости величины  $K_n$  иной. При низких температурах наблюдается увеличение  $K_n$ , дальнейший рост температур приводит к снижению ее величины. Исследована симметрия эффекта. Показано, что возникновение одноосной анизотропии в изученных образцах обусловлено присутствием ионов  $Fe^{2+}$ .

Проведенные исследования доменной структуры подтвердили высказанные предположения.

## **МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ Се-ЗАМЕЩЕННЫХ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ ИТТРИЯ**

**К. П. Белов, Н. В. Волкова, В. И. Райцис, А. Я. Червоненкис,**  
Москва.

Методом ферромагнитного резонанса измерены ширина линии резонансного поглощения и величины резонансных полей в направлениях (100), (110), (111) четырех монокристаллов системы  $U_{3-x}Ce_xFe_5O_{12}$  ( $x=0,0; 0,015; 0,05; 0,08$ ) в интервале температур от  $4,2^\circ K$  до температуры Кюри. По данным эксперимента построены температурные зависимости первой и второй константы анизотропии. Сравнение экспериментально полученной температурной зависимости констант анизотропии с теорией показало, что для данной системы ферритов магнитная анизотропия может быть описана в рамках одноионной модели Каллена.

## МАГНИТНЫЕ И АНИЗОТРОПНЫЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЗАМЕЩЕННЫХ ОРТОФЕРРИТОВ

К. П. Белов, М. А. Белячкова, А. М. Кадомцева, М. М. Лукина,  
Т. Л. Овчинникова, В. А. Тимофеева,  
Москва.

Исследовались магнитные свойства моно- и поликристаллических образцов ортоферритов системы  $UFe_x Sr_{1-x} O_3$  ( $x=0; 0,3; 0,5; 0,7; 1$ ). Установлено, что при частичном замещении ионов  $Fe^{3+}$  ионами  $Sr^{3+}$  меняются величины обменного поля, поля анизотропии и поля Дзялошинского. Для указанных ортоферритов смешанного состава при понижении температуры от комнатной до температуры жидкого азота наблюдается переориентация магнитного момента от С-оси ромбического кристалла к направлению под углом к ней, при этом составляющие магнитного момента вдоль а и с-осей кристалла существенно различаются между собой по величине. Обнаружено значительное уменьшение величины спонтанного магнитного момента замещенных составов по сравнению со стехиометрическими ферритом и хромитом иттрия.

Была изучена магнитная анизотропия монокристаллов ортоферрита иттрия при частичном замещении ионов железа ионами кобальта. Показано, что небольшие добавки ионов кобальта резко меняют анизотропию ортоферрита иттрия, что приводит к появлению спиновой переориентации в интервале температур от комнатной до температуры жидкого азота.

## МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА И ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ РЕЗОНАНСНЫХ ПОЛЕЙ СИСТЕМЫ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ГЕКСАФЕРРИТОВ

Ю. А. Мамалуй, А. А. Мураховский,  
Харьков.

Методом ферромагнитного резонанса (ФМР) исследована магнитная структура системы твердых растворов гексаферритов  $Ni_{2-y} Co_y Ba Fe_{16} O_{27}$  на частотах 27 и 43, 51 гц. Показано, что в зависимости от температуры и состава в данной системе реализуются различные виды анизотропии — ось легкого намагничивания (ЛН), плоскость ЛН или корпус ЛН. Получены температурные зависимости резонансных полей в различных кристаллографических направлениях. Проведен расчет анизотропии  $H_{a1}$  и  $H_{a2}$ . Результаты измерений обсуж-

даются на основе модели одноионной анизотропии и сопоставляются с данным статистическим измерением.

### ОБ ИСТОЧНИКАХ НАВЕДЕННОЙ МАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИИ $Ni-Co$ -ФЕРРИТОВ

В. А. Козлов, Н. Л. Пахомова, А. И. Косарев, Н. Б. Держкович,  
Москва.

На системе поликристаллических ферритов  $Ni_{1-x}Co_xFe_2O_4$   $0 < x < 0,06$  проведено исследование влияния примеси  $Co^{2+}$  на константу  $K_n$  наведенной магнитным отжигом анизотропии (н. м. а.).

Установлено, что температурный ход кривых  $K_n$  (1) изменяется с изменением концентрации кобальта.

С помощью ЦВМ выделен вклад в н. м. а. от двух источников анизотропии:

1) анизотропной связи иона  $Co^{2+}$  в позициях 16 с электрическим кристаллическим полем (однoионная анизотропия),

2) анизотропного обмена взаимодействия между спинами ионов  $Co^{2+}$  (обменная анизотропия).

Полученные результаты согласуются с результатами измерения продольной магнитострикции на этих образцах.

### МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СКАНДИСОДЕРЖАЩИХ ФЕРРИТОВ НИКЕЛЯ

Н. Л. Пахомова, Г. И. Граник, Л. А. Преснова,  
Р. А. Шилова, Г. И. Гайтота,  
Москва.

Методом керамической технологии изготовлены две системы скандийсодержащих ферритов.

В пределах точности рентгенофазного анализа образцы при  $0 < x < 0,32$  оказались однофазными. В указанной области наблюдалось монотонное уменьшение намагниченности насыщения. Изменение же эффективной константы  $K_{\text{эф}}$  магнитной анизотропии и магнитострикции насыщения с увеличением содержания окиси скандия было немонотонным. При  $0,12 < x < 0,24$  наблюдалось возрастание  $K_{\text{эф}}$  и уменьшение магнитострикции при резком росте коэрцитивной силы  $H_c$ . Одновременно имело место отклонение от линейной зависи-

мости периода решетки а от содержания скандия. Указанные особенности сказываются со структурными и магнитными изменениями в образцах.

### **АНИЗОТРОПИЯ НАМАГНИЧИВАНИЯ $Ni-Zn$ -ФЕРРИТОВ**

**Н. Л. Пахомова, В. А. Козлов, Л. М. Касименко,  
А. И. Косарев, Э. В. Рубальская,**  
Москва.

На системе монокристаллов, выращенных методом кристаллизации из раствора в расплаве, изучалось влияние примеси цинка на намагниченность насыщения и магнитную энергетическую анизотропию твердого раствора никелевого феррита.

При более сильном легировании цинком наблюдается несоответствие между экспериментальным и теоретическим ходом кривых. Одновременно перестает выполняться закон Брюхатова—Киренского  $K_1(T) = K_1(O)1 - \alpha T^2$ . Предполагается, что указанные явления обусловлены возникновением неколлинеарной структуры в твердом растворе.

### **К ВОПРОСУ О КАТИОННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ**

#### **В $Fe-Ni$ -ФЕРРИТЕ**

**Н. Л. Пахомова, В. А. Потакова,**  
Москва.

Проведено исследование колебательных спектров в никелевом феррите, легированном ионами двухвалентного железа и цинка. Измерения проводились на двухлучевом решетчатом автоматическом спектрографе с разрешением в  $1,5 \text{ см}^{-1}$  в области  $(700-300) \text{ см}^{-1}$ . В указанной области наблюдалось две полосы —  $\nu_3$  ( $600 \text{ см}^{-1}$ ), обусловленная колебаниями тетраэдрического комплекса, и  $\nu_3^1$  ( $400 \text{ см}^{-1}$ ), связанная с колебаниями октаэдра. Характер полосы  $\nu_3^1$  для всех исследованных образцов оказался однотипным. Иная картина имела место для полосы  $\nu_3$ . В образцах, легированных ионами  $Fe^{+2}$ , наблюдался сложный характер полосы  $\nu_3$ . Увеличение содержания ионов двухвалентного железа приводит к сдвигу этой полосы в длинноволновую сторону и расщеплению  $\nu_3$  на  $\nu_3(1)$  и  $\nu_3(2)$ .



## ЗАВИСИМОСТЬ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ЛИТИЙ-МАРГАНЦЕВЫХ ФЕРРИТОВ ОТ РАЗМЕРОВ БЛОКОВ И МИКРОНАПРЯЖЕНИЙ

М. А. Шаманов, Г. М. Рябова, А. В. Полищук, М. А. Дубляник,  
И. Ф. Гулей,  
Ивано-Франковск.

Проведены исследования влияния размеров блоков и внутренних микронапряжений ферритов состава  $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5-x}\text{Mn}_x\text{O}_4$ , где  $x=0,00; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4$  на магнитные свойства (коэрцитивную силу, магнитную проницаемость).

Установлено, что внутренние микронапряжения, обусловленные замещением ионов лития ионами марганца, уменьшаются с увеличением концентрации марганца. Одновременно уменьшается размер блоков.

Сопоставлено изменение внутренних микронапряжений и размеров блоков с коэрцитивной силой и сделана попытка объяснить закономерности изменения коэрцитивной силы в литий-марганцевом феррите в зависимости от содержания марганца на основании теории Кондорского.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИТИЙ-МАРГАНЦЕВЫХ ФЕРРИТОВ

М. Г. Демиденко, Г. С. Подвальных, П. П. Киричок,  
Л. Г. Кустовский, М. А. Шаманов,  
Ивано-Франковск.

Литий-марганцевые ферриты системы  $\text{Li}_{0,5}\text{Mn}_x\text{Fe}_{2,5-x}\text{O}_4$ , где  $x=0,01; 0,02; 0,03; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ , изготавливались по обычной керамической технологии в атмосфере воздуха.

С увеличением содержания марганца в феррите лития до  $x=0,05$  удельное сопротивление понижается, при  $x>0,05$  — возрастает и достигает максимума при  $x=0,2$ . При содержании марганца  $x>0,2$  удельное сопротивление резко понижается, что объясняется наличием разновалентных ионов железа и марганца, с одной стороны, и изменением типа проводимости, с другой стороны. Максимум удельного сопротивления с возрастанием температуры сдвигается в сторону малых концентраций марганца в феррите лития.

Диэлектрическая проницаемость уменьшается в зависимости от содержания ионов марганца, при  $x=0,2$  достигает максимального значения и при  $x>0,2$  монотонно возрастает.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ЛИТИЕВОГО ФЕРРИТА С ДОБАВКАМИ КОБАЛЬТА

Г. М. Рябова, П. П. Киричок, Г. С. Подвальных,  
Б. Н. Будивская, Л. С. Евтушенко,  
Ивано-Франковск.

Керамическим методом изготовлено три партии ферритов системы  $Li_{0,5-0,5x}Co_xFe_{2,5-0,5x}O_4$ .

Одна партия образцов после спекания охлаждалась вместе с печью в атмосфере воздуха, вторая подвергалась закалке на воздухе, третья — термомагнитной обработке (ТМО) в поле постоянного тока 200 а при температуре 800°C в течение 1 часа.

Исследовались электрические, магнитные и структурные свойства этих ферритов в зависимости от состава, ТМО и режима термообработки. Установлена зависимость коэрцитивной силы от состава и термообработки. Наблюдается тенденция к корреляции между коэрцитивной силой и внутренними микронапряжениями, которые образовались вследствие замещения ионов лития и железа ионами кобальта.

Показано возрастание параметра решетки и понижение температуры Кюри в зависимости от состава. Обсуждается механизм упорядочения ионов кобальта и железа, имеющих разную конфигурацию в процессе ТМО.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЕМОСТИ МАГНЕТИТА РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ СТЕХИОМЕТРИИ

Б. Я. Сухаревская, А. В. Алапина, Ю. А. Дущечкин,  
А. М. Гуревич,  
Харьков.

Изучена температурная зависимость теплоемкости четырех образцов магнетита различной степени стехиометрии в интервале температур 15—300°K.

Образующиеся в нестехиометрических образцах магнетита структурные вакансии приводят не только к смещению температуры упорядочения, размытию максимума теплоемкости в области фазового перехода, но и к изменению соотношения решеточного и магнонного вкладов в теплоемкость. По данным низкотемпературных исследований (1,5—12°K) вычислены значения характеристической Дебаевской температуры  $\Theta_D$  и магнонной составляющей. См. Анализ полученных характе-

ристик позволяет установить характер влияния структурных вакансий на изменение решеточной и магнетонной составляющих.

### **ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ВАКАНСИЙ НА ПРОЦЕССЫ УПОРЯДОЧЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНЕТИТА**

**Б. Я. Сухаревский, А. В. Алапина, Ю. А. Душечкин,  
Харьков.**

Исследование процессов упорядочения в образцах магнетита, отличающихся содержанием катионных вакансий, проведено на основании изучения температурной зависимости в широком интервале температур и анализа литературных данных по спектрам ЯГР и электросопротивлению.

Выдвинуто предположение об образовании комплексов «вакансия— $Fe^{+3}$ — $Fe^{+2}$ -ионы», которые затрудняют упорядочение в низкотемпературной фазе и инициируют создание, так называемого, «сферического порядка» в высокотемпературной фазе.

Наблюдающийся в области фазового перехода излом в значениях температурных зависимостей термодинамических функций, сопровождающийся инверсией этих значений, свидетельствует об изменении энергетического состояния фаз, которое, в свою очередь, зависит от числа катионных вакансий в октаэдрической подрешетке. Отсутствие излома на кривых  $I(T)$  и  $S(T)$  для образца магнетита с 4 ат. % вакансий свидетельствует о том, что эта концентрация является критической, такой, при которой «сферический порядок» сохраняется и в низкотемпературной фазе.

### **ВЛИЯНИЕ ПРИСАДОК ОКИСИ СКАНДИЯ НА ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МАРГАНЕЦ-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ**

**Г. В. Самсонов, Л. А. Владимирцева, В. А. Горбатюк,  
Киев.**

Исследовано влияние добавок окиси скандия на начальную магнитную проницаемость, потери, удельное электросопротивление, температурные изменения магнитной проницаемости марганец-цинкового феррита.

Показано положительное влияние добавок окиси скандия в количествах 0,8—1,0% на указанные свойства, причем не-

которые из них улучшаются на 30—40% при некотором улучшении или сохранении других.

На основании рентгеновского и металлографического анализов сделан вывод о внедрении ионов скандия в решетку феррита.

### **ЛЕГИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ОКСИ ИНДИЯ НА СВОЙСТВА МАРГАНЕЦ-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ**

**Г. В. Самсонов, Л. А. Владимирцева, В. А. Горбатько,**  
Киев.

Рассмотрено изменение свойств феррита при введении в ферритный порошок добавок окиси индия в количествах 0,2—2% при различных режимах спекания изделий. Показано, что введение 1% окиси индия в феррит приводит к повышению начальной магнитной проницаемости на 25—30% при снижении в два раза ее температурного коэффициента и некотором снижении относительных потерь.

Проведены рентгеновские и металлографические анализы, исследованы электрические и магнитные свойства полученных изделий.

Изменение магнитных параметров связывается с внедрением ионов индия в кристаллическую решетку феррита.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ МАГНИТО-УПРУГИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЕРРИТОВ**

**И. К. Камилев, Г. М. Шахшаев, Х. К. Алиев, М. М. Магомедов,**  
**Г. Г. Мусаев, М. М. Муталипов, М. А. Гираев, А. М. Магомедов,**  
Махачкала.

Приводятся результаты исследований теплоемкости, теплопроводности, скорости ультразвука, магнитных и электрических свойств ферритов в магнитных и электрических полях, а также магнетокалорического эффекта.

Описываются особенности использованных методик. Рассчитаны изменения термодинамических величин в области низкотемпературных и магнитных превращений.

Особое внимание уделено исследованиям по влиянию магнитного поля на аномальное поведение теплоемкости, теплопроводности и упругих свойств в окрестности точки Кюри.

Дается анализ экспериментальных данных в свете современных теоретических представлений.

## РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НИКЕЛЬ-ЦИНКОВОГО ФЕРРИТА С КИСЛОРОДНОЙ НЕСТЕХИОМЕТРИЕЙ

В. К. Портной, В. И. Фадеева, Ю. Д. Третьяков,  
Москва.

Проведено изучение никель-цинкового феррита состава  $Zn_{0,218}Ni_{0,752}Fe_{2,030}O_{4+\gamma}$  с различной кислородной нестехиометрией. Использован метод измерения интенсивности рентгеновских отражений трех групп на образцах монокристаллов.

Определены среднеквадратичные динамические и статистические смещения атомов в трех подрешетках шпинели. Установлено, что величина среднеквадратичных статистических искажений для различных подрешеток обусловлена характером нестехиометрии никель-цинкового феррита. Соотношение экспериментально найденных величин статистических искажений в соответствии с моделью о деформации решетки при образовании различного типа точечных дефектов позволяет считать, что в никель-цинковом феррите при  $\gamma < 0$  образуются анионные вакансии, в то время как  $\gamma > 0$  приводит к появлению катионных вакансий в октаэдрической подрешетке.

## ИЗУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ФЕРРИТА ПРИ ПЕРЕХОДЕ ИЗ КУБИЧЕСКОЙ В ТЕТРАГОНАЛЬНО-ИСКАЖЕННУЮ ФАЗУ

К. П. Белов, А. Н. Горяга, Л. Г. Антошина, Ю. Ф. Попов,  
Москва.

В статических магнитных полях до 11 кэ изучены магнитные и магнитострикционные свойства феррита  $NiFe_{0,6}Cr_{1,4}O_4$  при переходе из кубической в тетрагонально-искаженную фазу. При азотной температуре исследованы намагниченность, петля гистерезиса и магнитострикция в импульсных магнитных полях до 200 кэ.

Установлено, что в области температуры перехода из кубической в тетрагонально-искаженную фазу на кривой температурной зависимости намагниченности наблюдается излом, вызванный возникновением сильного спин-орбитального взаимодействия у ионов  $Ni^{+2}$  в тетраэдрических местах. Коэрцитивная сила при этом достигает величины 3 кэ.

## **О СТАБИЛЬНОСТИ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ФЕРРИТОВ СЕРДЕЧНИКОВ**

**С. С. Горелик, Л. М. Летюк, А. В. Селезнев, Н. В. Кобря,**  
Москва.

Металлографическим анализом установлено, что основная причина высокой неустойчивости резонансной частоты отдельных партий ферритовых сердечников является их высокая пористость. Сердечники с ярко выраженной неустойчивостью имели большое количество крупных и мелких пор, являющихся капиллярами для проникновения влаги. Последняя оказывает демпфирующее действие на частицы сердечника, препятствуя их магнитострикционным колебаниям под действием переменного магнитного поля.

Показано, что повышенная стабильность резонансной частоты магнитострикционных ферритовых сердечников обеспечивается получением достаточно плотных образцов ферритов и поддержанием минимальной и постоянной влажности окружающей среды при изготовлении преобразователей электромеханических фильтров.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ФЕРРИТОВ**

**С. С. Горелик, П. П. Киричок, Н. В. Кобря,**  
**Л. М. Летюк, О. И. Шагунова,**  
Москва, Ивано-Франковск.

В работе исследовано влияние различных режимов ТМО на динамические и статические параметры магнитострикционных ферритов крутильных колебаний.

Установлено, что ТМО магнитострикционных ферритов может проводиться как в постоянных, так и в переменных магнитных полях, но в последнем случае необходимо сердечники дополнительно намагничивать при  $t=25^\circ$  в постоянном поле  $H \geq 10$  Нс. Определены изменения магнитомеханической добротности, коэффициента электромеханической связи, резонансной частоты в интервале температур  $(-60 \div +85^\circ\text{C})$  в зависимости от режима ТМО, а также после стабилизации параметров ферритов термоциклированием (два термоцикла  $-60 \div +85^\circ\text{C}$ , выдержка 2 часа при каждой температуре).

## **К ВОПРОСУ О СТАБИЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НЕКОТОРЫХ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ФЕРРИТОВ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИИ**

**Н. В. Кобря, Л. М. Летюк, Л. В. Чернышова, О. И. Шатунова,**  
Москва.

Исследование параметров сердечников, прошедших НТС, показало, что в результате старения изменяются все параметры, причем степень изменения увеличивается с повышением температуры и времени изотермической выдержки. Старение при температуре выше  $250^{\circ}\text{C}$  приводит к значительным уходам динамических параметров, что связано с их частичным размагничиванием. Повторная ТМО приводит к нарушению равновесного состояния, достигаемого при искусственном старении.

Параметры сердечников, прошедших термоциклирование при температурах  $-60^{\circ}\text{C}$ ;  $+85^{\circ}\text{C}$  с временем выдержки 0,5 и 1 час стабилизируются после 4—5 термоциклов.

Для повышения стабильности исследуемых сердечников предложены режимы искусственного старения.

### **ВОЗДЕЙСТВИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ФЕРРИТОВ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИИ**

**Н. В. Кобря, Л. М. Летюк, О. В. Лемешко,**  
**Л. В. Чернышова, А. В. Селезнев,**  
Москва.

Установлено, что магнитострикционные сердечники из феррита МТТСК могут работать при комнатной температуре без остаточных изменений коэффициента преобразования и приведенной добротности. Изменение температуры как в отрицательную область ( $-60^{\circ}\text{C}$ ), так и в положительную ( $+85^{\circ}\text{C}$ ), ограничивает величину напряженности переменного магнитного поля возбуждения до  $H=0,5$  э. Одновременное воздействие на сердечник поля возбуждения и поля-помехи приводит к ухудшению параметров. Наличие постоянного осевого смещения изменяет условия возбуждения магнитострикционных крутильных колебаний и частично размагничивает сердечники. Допустимым значением постоянного магнитного поля, при котором сохраняется работоспособность сердечников из феррита МТТСК, составляет 20 э.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛЯ К ГЕКСАГОНАЛЬНЫМ ФЕРРИТАМ**

**Н. Н. Ефремова, Ю. А. Мамалуй,**  
Харьков.

Для системы индийзамещенных гексагональных М-ферритов со сложной магнитной структурой применялась двухподрешеточная модель Нееля. Рассчитаны обменные интегралы, температурные зависимости намагниченностей подрешеток  $M_a(T)$ ,  $M_b(T)$  и намагниченность насыщения  $M(T)$ . При расчете использовались значения коэффициентов молекулярного поля  $p$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ , определенные из температурной зависимости парамагнитной восприимчивости. Совпадение теоретических кривых и экспериментальных удовлетворительное.

## **ЧАСТОТНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ РЕЗОНАНСНЫХ ПОЛЕЙ И ЭФФЕКТИВНЫЙ g-ФАКТОР ГЕКСАГОНАЛЬНЫХ ФЕРРИТОВ С РАЗЛИЧНОЙ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРОЙ**

**Ю. А. Мамалуй, А. А. Мураховский,**  
Харьков.

В диапазоне 22,5—44,7 Мгц исследована частотная зависимость резонансных полей твердых растворов гексаферритов  $Ni_{2-y}Co_yBaFe_{16}O_{27}$  от 78 до 400°К в различных кристаллографических направлениях. Показано, что эффективный g-фактор зависит от температуры и состава. На основе двухподрешеточной модели проведена оценка g-фактора подрешетки, содержащей ион  $Fe^{+3}$  в пентаэдре и ион  $Co^{+2}$  в октаэдре. Получена зависимость ширины резонансной линии  $\Delta H$  от состава. На основании модели Киттеля о вкладе быстрорелаксирующих ионов в  $\Delta H$  проведена оценка времени релаксации иона  $Fe^{+3}$  и  $Co^{+2}$ .

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНООСНЫХ ГЕКСАФЕРРИТОВ С РАЗЛИЧНЫМ ХАРАКТЕРОМ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПОЛЯ АНИЗОТРОПИИ**

**В. К. Кузевич, Д. Е. Громзин, Б. Н. Ермаков,**  
Ленинград.

Синтезированы поликристаллические образцы твердых растворов замещения на основе гексаферрита  $BaFe_{12}O_{19}$ . Ионы  $Fe^{+3}$  замещались четырех- и двухвалентными ионами



Zn<sup>+2</sup>, Ge<sup>+4</sup> и др. с одновременной, в некоторых случаях, компенсацией заряда ионами La<sup>+3</sup> и K<sup>+1</sup>, замещающими позициями Ba<sup>+2</sup>. Это позволило в больших пределах изменить величину поля анизотропии (5÷17 кэ) и характер ее температурной зависимости. Оказалось возможным изменять знак температурного коэффициента поля анизотропии. Обсуждаются возможные катионные распределения, отвечающие результатам эксперимента. Измерения ферромагнитного резонанса проводились в миллиметровом диапазоне волн.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ БАРИЕВЫХ ГЕКСАФЕРРИТОВ С ДОБАВКАМИ ОКСИДОВ ВИСМУТА И КРЕМНИЯ**

**Л. Н. Тульчинский, В. А. Горбатюк, А. А. Костыря, Ф. Г. Гутман,**  
Киев

Стабильность электрических и магнитных свойств бариевых гексаферритов (БГФ) имеет важное значение при использовании их в качестве магнитных систем приборов и датчиков температуры.

Для исследования стабильности электрических и магнитных свойств были получены образцы состава BaO·5,6 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с добавками 1, 2, 3, 4 и 5 вес.% Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 вес.% SiO<sub>2</sub> сверх основного состава.

Для каждого из исследованных материалов найдена температура спекания образцов, при которой имеет место максимальное значение магнитной энергии.

По значению магнитной энергии лучшими материалами являются БГФ с содержанием 1% Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,92 мгс. э) и 0,5% SiO<sub>2</sub> (0,89 мгс. э), причем первый из этих материалов имеет достаточно высокие электропроводность (10<sup>-4</sup> /ом. см./<sup>-1</sup>) и температурный коэффициент электросопротивления (4,5%)°С, и малую пористость (6%), что позволяет использовать его для изготовления чувствительных элементов поверхностных терморезисторов.

Длительные выдержки при температурах до 1000°С на воздухе, а также выдержки при 600°К в аргоне и при 400°С в вакууме для образцов с высокой пористостью (8—10%) приводят к изменению структурно-чувствительных свойств (коэрцитивной силы, электропроводности), что свидетельствует о нарушении баланса кислорода в граничных областях зерен.

## **СТРОЕНИЕ И МАГНЕТИЗМ СМЕШАННЫХ ГАЛЛИИ И ИНДИЙСОДЕРЖАЩИХ ФЕРРИТОВ СО СТРУКТУРОЙ ШПИНЕЛИ**

**Б. И. Покровский, А. К. Галеев, К. В. Похолок,  
Л. Н. Комисарова,  
Москва.**

В работе исследовано строение и магнитные свойства смешанных ферритов состава  $Me Fe_{2-x} R_x O_4$ , где  $Me = Mg, Mn$ , а  $R = Ga$  или  $Zn$ ).

В результате исследования выявлены кристаллохимические особенности поведения галлия и индия в структуре шпинели. Установлена принципиальная взаимосвязь между кристаллохимической формулой галлий- и индийсодержащих ферритов и их магнитными свойствами. Показано, что магнитная структура исследованных фаз не подчиняется как элементарной теории Нееля, так и статистическим моделям Гиллео и Полякова. Существенным фактором, определяющим магнетизм указанных материалов, является ближний порядок в решетке шпинелей.

## **ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ОКИСЛОВ РЗМ НА СВОЙСТВА МАГНИЕВОГО ФЕРРИТА**

**Л. А. Верменко, Т. Я. Грндасова, П. Лукач,  
Киев**

Методом совместного осаждения гидроокисей из азотно-кислых солей получены магниевые ферриты, легированные окислами РЗМ цериевой подгруппы.

Исследованы некоторые свойства полученных ферритов в предположении, что легирующие ионы будут входить в решетку магниевого феррита.

Результаты рентгеновского и металлографического анализа показали, что предполагаемое замещение имеет место при малых значениях  $X$ .

Свойства полученных материалов (удельное электросопротивление, температурная зависимость удельного сопротивления (электро), намагниченности насыщения, температура Кюри, магнитная проницаемость) изменяются согласно степени растворения окисла РЗМ в магниевом феррите.

## О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ НИКИЛЕВОГО ФЕРРИТА С ДОБАВКАМИ ТЕРБИЯ И ЛЮТЕЦИЯ

Л. А. Верменко, Т. Я. Гридасова,  
Киев

Керамическим методом получены ферриты систем  $Ni R_x Fe_{2-x}O_4$ , где  $R \equiv Tb, Lu$ ,  $x=0; 0,1$ . Проведен рентгенографический и металлографический анализ образцов.

На всех исследуемых образцах исследована зависимость электросопротивления и магнитострикции в зависимости от РЗЭ и  $x$ .

Обнаружено, что в малых количествах редкоземельные ионы входят в решетку шпинели, что при этом наблюдается рост параметра решетки феррита. Металлографический анализ показал, что при растворении РЗЭ в исследуемой шпинели имеет место укрупнение зерна феррита.

## НАМАГНИЧЕННОСТЬ И МАГНИТОСТРИКЦИЯ ФЕРРИТОВ-ВАНАДАТОВ НИКЕЛЯ

Т. Я. Гридасова, А. Н. Горяга,  
Киев, Москва.

В работе проведено исследование намагниченности ферритов — ванадатов никеля  $Ni Fe_{2-x} V_x O_4$  ( $x=0,00; 0,25; 0,5; 0,67; 0,8; 1,0; 1,25; 1,5$ ) в интервале температур  $77-0^{\circ}K$ .

Изучена зависимость магнитострикции образцов в зависимости от содержания и от температуры. При  $x > 1$  обнаружена значительная анизотропная магнитострикция образцов, которая связана с выходом ионов никеля в тетраэдрические места решетки шпинели, что приводит к появлению в ферритах спин-орбитальных структурных искажений.

## ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ ФЕРРИТОВ-ВАНАДАТОВ НИКЕЛЯ

А. Н. Горяга, Т. Я. Гридасова,  
Москва, Киев.

Исследована зависимость удельного электросопротивления ферритов системы  $Ni Fe_{2-x} V_x O_4$ , где  $x=0,0-1,5$ , от содержания ионов  $x$  и от расстояния между катионами  $V^{3+}$  в октаэдрических местах шпинельной решетки.

Сравнительно небольшое электросопротивление ферритов—ванадатов никеля и его сильная зависимость от содер-

жания ионов  $V^{3+}$  и от расстояния между ними говорит в пользу существования в ферритах этой системы значительно прямого катион-катионного В-В обменного взаимодействия.

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЕРРИТОВЫХ ПЛЕНОК**

**М. В. Белоус, А. А. Бокринская, Л. П. Граккина,**

Киев

Исследованы условия получения тонких ферритовых слоев меди и иттрия путем вакуумного испарения смесей соответствующих исходных металлов или окислов и последующего высокотемпературного отжига полученных конденсатов в атмосфере воздуха, при котором возможна диффузия кислорода вглубь слоя и протекание во всем его объеме реакций окисления и ферритизации.

Пленки были получены в вакууме порядка  $5 \cdot 10^{-5}$  мм рт. ст., толщина их в исходном состоянии составляла несколько тысяч ангстрем.

## **СИНТЕЗ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ ШПИНЕЛЕЙ**

**Ю. Д. Третьяков, К. П. Белов, И. В. Гордеев, Л. И. Королева, А. В. Педько, Ю. Д. Саксонов, В. А. Алферов, Е. М. Смирновская,**  
Москва.

Проведено детальное изучение условий синтеза халькогенидных хромсодержащих шпинелей, обладающих ферромагнетизмом и широким диапазоном электрических свойств. Показано, что соединения  $CuCr_2X_4$  ( $X=S, Se, Te$ ),  $CdCr_2X_4$  ( $X=S, Se$ ) обладают широкой областью гомогенности однофазной шпинели при дефиците халькогена. Измерены температурные зависимости парамагнитной восприимчивости, удельного электросопротивления и ферромагнитные точки Кюри указанных соединений. Изучены свойства кадмиевой серашпинели, легированной медью,  $Cu_xCd_{1-x}Cr_2S_4$ , где  $x=0,0; 0,02; 0,05; 0,01$ . Парамагнитная восприимчивость подчиняется закону Кюри Вейса, причем для  $X=0$  парамагнитная точка выше на  $80^\circ$ , чем у чистого материала и почти не зависит от  $X$ . Ферромагнитная точка Кюри одна и та же как у легированного, так и у чистого соединения.

## МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ХАЛКОГЕНИДНЫХ ХРОМИТОВ МЕДИ

К. П. Белов, Ю. Д. Третьяков, И. В. Гордеев, Л. И. Королева,  
А. В. Педько, В. А. Алферов, Е. М. Смирновская, Ю. Г. Саксонов,  
Москва.

Синтезированы поликристаллические образцы  $\text{Cu Cr}_2 \text{S}_{4-x} \text{Se}_x$  с  $X=0; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4$ , обладающие структурой нормальной шпинели.

Для всех образцов были измерены: параметр решетки, магнитный момент, эффективный момент, ферромагнитная и парамагнитная температура Кюри, коэрцитивная сила и температурная зависимость сопротивления.

Оказалось, что все соединения обладают металлической проводимостью дырочного типа. Зависимость магнитных моментов и температуры Кюри от  $X$  имеет u-образный вид с минимумом, приходящимся на  $X=1$ .

Температурный коэффициент сопротивления образца с  $X=1$  отрицателен.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СУЛЬФИДИРОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ШПИНЕЛЕЙ

С. С. Лисняк, В. А. Кальмуцкая, О. З. Подлесняк, В. И. Ковалив,  
Ивано-Франковск.

Целью настоящего исследования является изучение кинетики и механизма получения некоторых сульфидных шпинелей.

В работе приводится методика сульфидирования кислородных шпинелей в токе сероводорода. Исследована кинетика взаимодействия хромитов кобальта, никеля и цинка с сероводородом в температурном интервале  $500-1250^\circ\text{C}$ . Продуктами сульфидирования являются соответственно  $\text{Co Cr}_2 \text{S}_4$ ,  $\text{Ni Cr}_2 \text{S}_4$ ,  $\text{Zn Cr}_2 \text{S}_4$ . Наряду с этим, для выяснения кинетики и механизма процесса было изучено сульфидирование отдельных окислов, входящих в состав шпинелей.

## КИНЕТИКА И МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕНТАФЕРРИТА ЛИТИЯ

Л. Л. Шорина, Л. А. Верменко, В. А. Горбатюк, А. В. Полищук,  
Ивано-Франковск, Киев.

Рассматриваются кинетика и механизм образования пентаферрита лития —  $\text{Li}_{0,5} \text{Fe}_{2,5} \text{O}_4$ . Химическим, рентгеновским

и магнитным анализами показано, что в смеси  $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{—Fe}_2\text{O}_3$  (1:5) первоначально образуется  $\text{Li Fe O}_2$ .

Кинетические данные проанализированы по 12 уравнениям формальной кинетики. Уравнения Блюм—Ли и Гинстлинга—Броунштейна удовлетворительно описывают кинетику процессов в системе. По уравнению Гинстлинга—Броунштейна рассчитаны константы скоростей и энергия активации.

## О МИКРОТВЕРДОСТИ ФЕРРИТА ЛИТИЯ

А. В. Полищук, Л. Л. Шорина,  
Ивано-Франковск.

Микротвердость феррита без добавки с повышением температуры спекания в течение 60 мин. увеличивается ( $520 \text{ кг/мм}^2$  при  $1000^\circ\text{C}$  и  $650 \text{ кг/мм}^2$  при  $1200^\circ\text{C}$ ).

Увеличение времени спекания до 120 не оказывает влияния на микротвердость. Системы с добавками — двухфазны. Вторая фаза располагается в основном по границам зерен. Микротвердость изменяется в пределах  $500\text{—}700 \text{ кг/мм}^2$ . Зависимость ее от химической природы добавки носит сложный характер.

Причиной резкого изменения микротвердости ферритов может быть, кроме влияния температуры и времени спекания, образование твердого раствора магнетита в феррите при температурах  $1000^\circ\text{C}$ . При этих температурах литиевый феррит теряет кислород, в результате чего трехвалентное железо восстанавливается в двухвалентное с образованием магнетита, который образует твердый раствор с ферритом.

## МАГНИТНЫЕ СПЕКТРЫ Ni—Al-ФЕРРИТОВ

М. П. Бунина, Б. А. Павельев, И. И. Сильвестрович,  
Москва.

Исследованы магнитные спектры никель-алюминиевых ферритов, имеющих химическую формулу  $\text{Ni Al}_x \text{Fe}_{2-x} \text{O}_4$  ( $x=0; 0,5; 1; 1,25$ ).

В магнитных спектрах Ni—Al-ферритов наблюдается три области дисперсии начальной магнитной проницаемости: первая — в области  $80\div 500$  мгц обусловлена радиочастотным резонансом (р.ч.р.), две другие — при частотах  $1000\div 5000$  мгц, вызванные естественным ферромагнитным резонансом (е.ф.р.).

Наличие нескольких пиков е.ф.р. данной серии ферритов связано с влиянием сложной доменной и зернистой структуры исследуемых образцов. В данном случае это подтверждается теоретическими расчетами частот е.ф.р. по данным экспериментальных значений намагниченности насыщения и эффективной константы магнитной анизотропии, а также температурными зависимостями  $\mu_0''$ .

### **МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИИ ВНУТРИЗЕРЕННЫХ КЛАСТЕРНЫХ ОБРАЗОВАНИИ В ЛИТИЙ-СКАНДИЙСОДЕРЖАЩИХ ФЕРРИТАХ**

**Б. С. Андреев, А. С. Ельникова, Д. Е. Бондарев,  
Москва.**

Известно, что введение окиси скандия в марганец-литиевую матрицу позволило снизить уровень магнитной индукции, повысить быстродействие и резко сократить температуру саморазогрева ферритовых сердечников при высокочастотном перемангничивании.

В указанной системе при введении окиси скандия наблюдалось уменьшение коэрцитивной силы и ухудшалась температурная стабильность.

### **ЭФФЕКТ МЕССБАУЭРА В ФЕРРИТАХ-ШПИНЕЛЯХ**

**Н. Д. Бондарева, Т. В. Дмитриева, И. С. Любутин,  
Б. И. Покровский,  
Москва.**

Методом ядерного гамма-резонанса исследована система ферритов  $MnFe_{2-x}Cr_xO_4$  для  $x=0,0; 0,2; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,75$  в интервале температур  $78-700^\circ K$ . Исследуемые образцы синтезированы методом соосаждения гидроокисей исходных компонентов с последующим отжигом при температуре  $1400^\circ K$ .

Изучено распределение катионов по А- и В-подрешеткам. Показано, что по мере замещения ионов  $Fe^{+3}$  ионами  $Cr^{+3}$  происходит постепенная нормализация шпинели; при  $x \geq 1,0$  шпинель становится полностью нормальной.

Установлено, что характер искажения кислородных октаэдров сильно зависит от содержания ионов хрома и меняется в процессе перераспределения катионов по А- и В-узлам.

Исследована температурная зависимость магнитных моментов ионов железа в А- и В-подрешетках и определены точки Кюри для всех образцов системы.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРРИТОВ С СОДЕРЖАНИЕМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**П. П. Киричок, Г. С. Подвальных, Л. Г. Кустовский,  
В. И. Мороз, Т. М. Скальская,  
Ивано-Франковск.**

По обычной керамической технологии были изготовлены ферриты лития с содержанием скандия. Исследованы магнитные, электрические свойства в зависимости от природы редкоземельного элемента и количества ионов скандия и индия.

Методом рентгеновской и мессбауэровской спектроскопии исследована природа химической связи и электронная структура как ионов, образующих главную матрицу, так и ионов-активаторов.

Установлено, что с увеличением содержания редкоземельных элементов скандия и индия в феррите лития понижается индукция насыщения и увеличивается коэрцитивная сила, улучшается прямоугольность петли гистерезиса, значительно возрастает электрическое удельное сопротивление. Введение ионов скандия более резко понижает магнитную индукцию, чем введение ионов индия.

### **МЕССБАУЭРОВСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИЙ-ИНДИЕВЫХ ФЕРРИТОВ**

**П. П. Зарин, П. П. Киричок, Г. С. Подвальных, Л. Г. Кустовский,  
Ивано-Франковск.**

Исследованы мессбауэровские спектры магний-индиевых ферритов. Показано, что магнитные поля на ядрах железа, расположенных в тетраэдрических и октаэдрических позициях, различны. С ростом содержания ионов индия в образцах магнитные поля на ядрах  $\text{Fe}^{57}$ , в пределах погрешности измерения, имеют тенденцию к изменению. Величина изомерного сдвига резко изменяется. Наблюдается рост квадрупольного расщепления. Большое значение параметра квадрупольного взаимодействия для октаэдрической подрешетки, по-видимому, свидетельствует о примеси значительной доли



ковалентности в ионную химическую связь железа с кислородом в октапозициях. Искажение решетки, обусловленное введением ионов индия в магниевый феррит, изменяет меж-ионное расстояние и приводит к изменению степени перекрытия электронных оболочек кислорода и железа.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ГЕКСАГОНАЛЬНЫХ ФЕРРИТОВ МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА**

**М. П. Петров, А. В. Куневич,**  
Ленинград.

Настоящее сообщение посвящено исследованию поликристаллических ферритов  $MeFe_{12}O_{19}$ , где  $Me = Ba, Sr, Pb$  и  $BaNi_2Fe_{16}O_{27}-Ni_2W$  методом ЯМР. Исследования производились на установке спинового эха в диапазоне температур 4,2—300°K в постоянном поле от 0 до 15 кэ. Исследованы локальные поля и измерены температурные зависимости пяти намагниченностей подрешеток, соответствующих пяти неэквивалентным положениям ионов железа  $Fe^{+3}$  в кристаллической структуре M и W. По теории молекулярного поля оценены параметры четырех основных обменных взаимодействий и вычислены теоретические зависимости намагниченностей подрешеток.

Подтверждено, что ионы  $Ni^{+2}$  в феррите  $Ni_2W$  замещают ионы железа в октаэдрических узлах.

### **ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ПОРОШКОВ Mn—Zn-ФЕРРИТОВ МЕТОДОМ ЯГР-СПЕКТРОСКОПИИ**

**Ш. Ш. Башкиров, А. В. Либерман, В. И. Сиявский,**  
Казань.

С помощью метода ЯГР-спектроскопии проводилось изучение фазового состава порошков Mn—Zn-ферритов. Исследуемые порошки были получены по солевой технологии при изменении температуры обжига от 600 до 1000°С. Мессбауэровские спектры образцов состоят из наложения спектра непрореагировавшей окиси железа и квадрупольного дублета, соответствующего парамагнитной фазе. С целью изучения природы этой фазы измерения проводились в широком температурном диапазоне (от 80 до 530°K). Проведенные исследования позволяют проследить изменения в фазовом со-

стае промежуточных продуктов реакции в твердой фазе в зависимости от температуры обжига шихты Mn—Zn-ферритов.

### **ИЗУЧЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЯГР-СПЕКТРОСКОПИИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ФАЗ ПРИ ОБЖИГЕ ШИХТЫ Mn—Zn-ФЕРРИТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ИХ ПОЛУЧЕНИЯ**

**Ш. Ш. Башкиров, А. В. Либерман, В. И. Снявский,  
С. Н. Москвин, А. П. Рыжиков,  
Казань.**

Изучение промежуточных фаз при обжиге шихты Mn—Zn-ферритов, проводимое с помощью ЯГР-спектроскопии, позволяет наиболее полно проследить за изменениями фазового состава порошков, получаемых по различным технологиям. Наряду с порошками, получаемыми по солевой и карбонатной технологиям в шахтной и туннельной печах, нами проводилось изучение порошков, получаемых с действующего в заводских условиях макета вращающейся печи, внедрение которой в производство позволит во много раз увеличить выпуск изделий.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ГАДОЛИНИИ И СПЛАВАХ ДИСПРОЗИЙ-ГАДОЛИНИИ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ**

**Е. М. Савицкий, И. В. Мальцева, О. Д. Чистяков,  
Москва.**

Гадолиний и сплавы диспрозий-гадолиний 50, 10 и 5% диспрозия, обладающие различной степенью магнитной анизотропии, обнаруживают аномалии скорости и затухания звука вблизи точки Кюри. Во всех образцах острый максимум затухания (ширина пика на уровне 0,5 менее 0,5°) наблюдается при температуре на  $1+0,2^\circ$  выше температуры минимума скорости звука. Экспериментальные зависимости скорости звука в области  $8 \cdot 10^{-3} \leq \epsilon \leq 0,10$  ( $\epsilon = \frac{T-T_K}{T_K}$ ) описываются выражением  $\Delta v/v \sim \epsilon \cdot \gamma$ . За  $T_K$  принималась темпе-

ратура максимума затухания, где  $y$  принимает следующие значения:

Gd—50% Dy	Gd—10% Dy	Gd—5% Dy	Gd
$y$ $0,16 \pm 0,03$	$0,02 \pm 0,04$	$0,07 \pm 0,05$	$0,04 \pm 0,06$

Ближе к точке Кюри в сплавах 50 и 10% диспрозия показатель степени оказывается значительно больше.

### **ЯГР-ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО—КИСЛОРОД, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**Л. Ф. Чечерская, В. П. Романов, В. В. Еременко,**  
Харьков.

Методом эффекта Мессбауэра проведено исследование фазового состава продуктов восстановления  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при температурах ниже 570°C. Установлено, что процесс восстановления идет через закисную фазу вплоть до  $T=450^\circ\text{C}$ . Обнаружено, что вюстит, образующийся при этих температурах, имеет стехиометрический состав. На основании данных, полученных при изучении спектров ЯГР при  $T=300^\circ\text{K}$  и  $85^\circ\text{K}$ , предложена интерпретация спектров вюстита, отличная от известных ранее.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЯДЕРНОГО ГАММА-РЕЗОНАНСА В МАГНЕТИТЕ**

**В. Д. Чечерский, В. П. Романов, В. В. Еременко,**  
Харьков.

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНОГО МИКРОЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА СЛОЖНЫХ ФЕРРИТОВ НА ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

**Т. В. Сапрыкина, П. Д. Рабина, Т. Я. Малышева,  
М. Г. Чудинов, Л. Д. Кузнецов, А. М. Алексеев,**  
Москва.

Применительно к железным катализаторам синтеза аммиака активированными окислами металлов (Al, K, Ca, Si, Sc, V) изучен характер замещения в сложных ферритах типа шпинели.

Показано, что метод рентгеноспектрального микрозондирования наряду с рентгеноструктурным анализом позволяет

установить пределы растворимости окислов металлов в сложных ферритных фазах.

Применение рентгеноспектрального микрозондирования дает возможность выявить изменения фазового состава ферритных фаз и направление миграции элементов при нагреве в восстановительной атмосфере.

Показано, что изменение химического состава ферритных фаз позволяет регулировать физико-химические свойства систем.

### **РЕНТГЕНОВСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИЙ-АЛЛЮМИНИЕВЫХ ФЕРРИТОВ**

**Б. К. Остафийчук, П. П. Киричок, Г. С. Подвальных,**  
Ивано-Франковск.

Рентгеноструктурным методом исследовано изменение параметра решетки, коэффициента линейного расширения и интенсивности дифракционной линии феррита состава  $0,4 \text{ MgO} \cdot 0,15 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 0,45 \text{ Fe}_2\text{O}_3$  в зависимости от температуры.

Изучено влияние состава и температуры магний-алюминиевых ферритов на величину характеристической температуры и среднеквадратичную амплитуду отклонения атомов. Установлено, что в точке фазового превращения второго рода (температура Кюри) наблюдаются флуктуационные явления в изменении параметра решетки, коэффициента линейного расширения, интенсивности дифракционной рентгеновской линии (800) и среднеквадратичной величины амплитуды отклонений атомов.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОЖНОГО ХАРАКТЕРА ПАРАПРОЦЕССА В ЗАМЕЩЕННЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ГРАНАТАХ Gd С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРЕНИИ МАГНЕТОКАЛОРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА**

**К. П. Белов, Е. В. Талалаева, Л. А. Черникова,**  
**Т. В. Кудрявцева, В. И. Ивановский,**  
Москва.

Исследована температурная зависимость магнетокалорического эффекта в системе замещенных гранатов  $\text{Gd}_3\text{Ca}_x\text{Fe}_{5-x}\text{O}_{12}$  при  $0 < x < 1,5$ .

Показано, что в трехподрешеточных ферритах-гранатах измеряется суммарный магнетокалорический эффект ( $\Delta T$ ),

вклады в который дают парапроцессы, происходящие в а-, d- и с-подрешетках. В зависимости от ориентации магнитного момента подрешетки по отношению к внешнему и эффективному обменному полям в подрешетках одновременно возникают парапроцессы двух разных типов — ферро- и антиферромагнитного, имеющие разную интенсивность, зависящую от температуры и состава образца и дающие вклады разного знака в суммарный  $\Delta T$ -эффект.

Показано, что исследования магнетокалорического эффекта представляют собой эффективный метод изучения ферромагнетизма ферритов-гранатов и дают возможность судить о магнитном состоянии подрешеток.

### **ИЗУЧЕНИЕ «ПОДРЕШЕТОЧНЫХ» МАГНЕТОКАЛОРИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В ЗАМЕЩЕННЫХ ГРАНАТАХ ИТРИЯ**

**К. П. Белов, Е. В. Талалаева, Л. А. Черникова,  
Т. В. Кудрявцева, В. И. Ивановский, Г. А. Ярхо,**  
Москва.

Проведено изучение температурной зависимости суммарного магнетокалорического эффекта в системе гранатов



Показано, что полученные результаты могут быть объяснены при привлечении представлений о парапроцессах ферро- и антиферромагнитного типов в железных а- и d-подрешетках.

Установлено, что благодаря тому, что «подрешеточные» магнетокалорические эффекты имеют разные знаки, исследования магнетокалорического эффекта могут быть использованы для получения сведений о характере обменных подрешеточных взаимодействий в ферритах и о магнитном состоянии отдельных подрешеток.

### **ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА КРИТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В ФЕРРОМАГНЕТИКАХ ВБЛИЗИ ТОЧКИ КЮРИ**

**И. В. Мальцева, Е. М. Савицкий, О. Д. Чистяков,**  
Москва.

Изучалось воздействие магнитных полей напряженностью от 0,5 до 7,3 кэ на аномальное поведение продольного ульт-

развука (вблизи точки Кюри в монокристаллах гадолиния и сплавов гадолиний-диспрозий 5, 10 и 50% диспрозия), обладающих различной анизотропией типа легкой плоскости (с-трудная ось); анизотропия гадолиния очень мала (с-легкая ось).

Полученные данные подтверждают результаты теории подобия для магнитных переходов в анизотропных системах: в магнитном поле  $H$ , приложенном вдоль трудной оси, фазовый переход II рода не подавляется, но имеет место на  $\lambda$ -линии на фазовой диаграмме поле—температура. Так аномалия скорости и затухания звука  $\Delta v[T-T_k(H)]$  и  $\Delta \alpha[T-T_k(H)]$  при  $H$  в направлении трудной оси оказываются функционально нечувствительными к достаточно сильным полям: 50% диспрозия — более 7 кэ, 10% — 2 кэ, 5% — 0,5 кэ, гадолиний — 0,5 кэ.

### **УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ 4ПМС РЕЗОНАТОРНЫМ МЕТОДОМ**

**В. А. Матанцев, Ю. П. Яблоков,**  
Горький.

1. Известно, что однородный ферритовый образец, намагниченный до насыщения в поле,  $H_0$ , создает вне себя поле, пропорциональное 4ПМС и зависящее от формы образца. Резонансная частота в этом случае определяется формулой Киттеля. Измеряя  $H_0$  для образцов различной формы, можно вычислить 4ПМС.

2. В предлагаемом докладе описывается конкретная методика измерения 4ПМС резонаторным методом. Проводится оценка точности измерений и формулируются условия применимости данной методики.

### **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ОДНОРОДНОСТИ СОСТАВА ФЕРРИТОВ**

**В. Е. Зуев, С. П. Станишевская, А. А. Мануйлова,**  
**В. Я. Дубоссарская,**  
Москва.

В работе рассматривается метод контроля наличия концентрационных неоднородностей по размытию области ферромагнитного превращения. За величину, характеризующую степень однородности материала, принят температурный ин-

тервал  $\Delta T$ , в котором начальная магнитная проницаемость изменяется от максимального до минимального значения. Рассматривается зависимость  $\Delta T$  от плотности образца и возможность использования предложенного метода для контроля как качества шихты, прошедшей диффузионный обжиг, так и спеченных ферритов.

### **МАГНИТНАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ НИЗКОКОЭРЦИТИВНЫХ ФЕРРИТОВЫХ ПОРОШКОВ**

**Л. И. Рабкин, Л. И. Лейзан, З. Е. Борода,**  
Ленинград.

В настоящей работе предлагается метод определения магнитной проницаемости ферритовых порошков, основанный на использовании экспериментальных значений магнитной проницаемости магнитодиэлектриков с равномерным распределением феррочастиц в неферромагнитной фазе. С уменьшением размера частиц ферромагнетика его магнитная проницаемость падает. Это снижение тем больше, чем выше проницаемость монолитного феррита.

Магнитная проницаемость магнитодиэлектрика зависит от коэффициента ферромагнитного наполнения и размера феррочастиц. В работе дана формула, позволяющая по размерам частиц и проницаемости исходного ферромагнетика определять значения магнитной проницаемости магнитодиэлектриков. Рассчитанные по предложенной формуле значения проницаемости магнитодиэлектрика хорошо согласуются с их экспериментальными значениями.

### **К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ НАЛИЧИЯ НЕКОЛЛИНЕАРНОГО СПИНОВОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ В ГЕКСАФЕРРИТАХ ПО ДАННЫМ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

**С. П. Кунцевич, Ю. А. Мамалуй, В. П. Палехин,**  
Харьков.

Экспериментально показано на поликристаллических образцах гексаферритов, что наличие неколлинеарного спинового упорядочения существенным образом изменяет магнитострикционные свойства. Продольная и поперечная магнитострикция поликристаллических образцов при наличии неколлинеарного спинового упорядочения имеют один и тот же

порядок абсолютной величины и совпадают по знаку. На основании результатов, полученных из магнитострикционных измерений, можно определить наличие неколлинеарного спинового упорядочения.

### **К ВОПРОСУ О ПРЕДПОЧТЕНИИ ИОНОВ ЦИНКА И ЖЕЛЕЗА К ТЕТРА- И ОКТАЭДРИЧЕСКОМУ КИСЛОРОДНОМУ ОКРУЖЕНИЮ В ЦИНКОВОМ ФЕРРИТЕ**

**М. С. Шубин, А. О. Литинский, Г. П. Попов, А. Н. Мень,**  
Волгоград.

Методом МО ЛКАО в полуэмпирическом приближении рассчитаны уровни энергий молекулярных орбиталей (МО) модельных тетра- и октаэдрических комплексов цинка и железа при различных межатомных расстояниях и с учетом зарядности атомов. Оценена энергия предпочтения ионов цинка и железа в различных координациях, порядок расположения МО и степень взаимодействия d-орбиталей металла с валентными АО-кислорода. Обсуждаются возможности применения простого метода МО ЛКАО с учетом всех валентных электронов и «односферной» модели для оценки структуры ферритов.

### **СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ -ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ФЕРРИТОВ ШПИНЕЛИДОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕОРИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ПОЛЯ**

**Г. П. Ильникова, В. Н. Киселев, А. Н. Мень, Г. П. Попов,**  
**А. Е. Уклистый, Г. И. Чуфаров,**  
Волгоград.

В работе исследовались структурные характеристики (параметр кристаллической решетки, катионное распределение и кислородный параметр) в твердых шпинельных растворах на основе кадмиевого феррита

$Me_x^{2+} Cd_{1-x}^{2+} Fe_2^{3+} O_4^{-2}$ , где  $Me^{2+} - Ni^{2+}, Fe^{2+}, Co^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}$ .

На основе концентрационной зависимости параметра кристаллической решетки произведен расчет катионного распределения в этих системах и сравнение его с экспериментально найденным. Катионное распределение обсуждается с точки зрения предпочтения ферритообразующих ионов к октаэдрическому или тетраэдрическому координационному окруже-



нию. Установлена аналитическая зависимость между энергией предпочтения ионов  $Me^{2+}$  к октаэдрическому окружению и параметром катионного распределения в кадмиевых системах.

### **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТОВ С РЕЗОНАНСНЫМ ХАРАКТЕРОМ МАГНИТНОГО СПЕКТРА**

**А. В. Соломаха, Б. А. Медведев, В. М. Стеченко,**  
Киев

Рассматривается возможность создания фазокорректирующих функциональных двухполюсников на основе марганец-цинковых ферритов, эквивалентной схемой которых является сложная LCR-схема. Рассматриваемый эффект обусловлен использованием ферритового образца в полосе частот дисперсии тела ферромагнитного сердечника. Показана возможность широкого использования подобных функциональных ферритовых двухполюсников в различных схемах радиоэлектронной аппаратуры.

### **ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА МЕССБАУЭРА (ЯГР)**

**Г. Н. Шлоков, Г. И. Данилов,**

Спектры ЯГР-ферромагнитных веществ имеют сверхтонкую магнитную структуру (СМС). Спектр образца, содержащего несколько ферромагнитных веществ, как правило, очень сложен и представляет собой суперпозицию отдельных спектров СМС, линии которых накладываются друг на друга. Поэтому анализ таких веществ затруднителен, его точность и чувствительность низки, так как интенсивности линий имеют малую величину из-за СМС.

Идентификация спектров упрощается, а точность и чувствительность анализа повышаются, если использовать температуру Кюри  $T_c$  для разделения фаз и проводить анализ при температуре, превышающей  $T_c$  определяемого вещества, используя для этого спектр парамагнитной фазы образца, не содержащей СМС.

Рассмотренные особенности количественного фазового анализа ферромагнитных веществ позволяют существенно упростить его проведение при одновременном повышении точности и чувствительности, а также дают возможность соз-

дать сравнительно простые приборы экспрессного анализа, в которых температура выступает в роли разделителя фаз, усилителя измеряемого параметра и устройства, нарушающего условия резонанса.

## **ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ТЕПЛОЕМКОСТЬ ФЕРРИТОВ**

**Л. А. Резницкий,**

Применение метода истинной теплоемкости является предпочтительным перед методом смещения в тех случаях, когда есть основания полагать, что изучаемое вещество способно к закалке. В этом случае термодинамические величины, получаемые методом смещения, не относятся к равновесному состоянию.

В докладе приводятся экспериментальные данные о теплоемкости ферритов лития и меди, подвергшихся различной термообработке, тепловым эффектам отжига и полиморфным превращениям.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ ЛИТИЙ-СОДЕРЖАЩИХ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ ФЕРРИТОВЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ СИМПЛЕКС- РЕШЕТОЧНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Л. М. Летюк, В. А. Нифонтов, Э. А. Бабич,  
Т. Г. Амшинов, В. Я. Гершойг, Л. З. Пивоваров,  
Москва.**

С помощью построения моделей четвертого порядка для трехкомпонентных смесей в работе исследуются литий-марганцевые и литий-магниево-ферритовые системы, которые интересны с точки зрения создания ферритов, обладающих широким спектром по коэрцитивной силе одновременно с удовлетворением современных требований по быстрдействию и термостабильности параметров.

Результаты измерений показывают, что составы литий-марганцевых ферритов, полученные при различных режимах обжига и обладающих прямоугольной петлей гистерезиса (ППГ), принадлежат области, которая может быть аппроксимирована четырехугольником с углами, имеющими координаты, соответственно содержание  $Li_2O$ ,  $MnO$ ,  $Fe_2O_3$  в мол.

долях: (0,2; 0; 0,8), (0,15; 0; 0,85), (0; 0,6; 0,4) и (0,07; 0,65; 0,28).

Режим термообработки оказывает значительное влияние на прямоугольность петли гистерезиса литий-марганцевых ферритов.

### **ОСНОВЫ МЕТОДА РАСЧЕТА САМОРАЗОГРЕВА ФЕРРИТОВЫХ СЕРДЕЧНИКОВ ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИИ**

Э. С. Зяборов, Г. А. Гомзина,  
Москва.

Изложен метод расчета саморазогрева ферритовых сердечников с прямоугольной петлей гистерезиса. Обсуждены условия, при которых теплоотвод происходит в основном за счет конвекции. Установлено, что доля излучения в этих условиях не превышает 10%.

Получено выражение для оценки увеличения температуры при саморазогреве ферритовых сердечников. С уменьшением диаметра сердечника температура саморазогрева уменьшается.

Выполнен количественный расчет ожидаемого повышения температуры сердечников различных марок ферритов при высокочастотном перемагничивании, по повышению температуры контрольного сердечника.

Рассчитаны времена установления температурного равновесия для сердечников различных размеров.

### **АНАЛИЗ НЕОДНОРОДНОСТИ СВОЙСТВ ФЕРРИТОВ С ППГ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ**

А. К. Коровкин, Н. Н. Пугина, Г. Х. Геворкян,  
Истра.

В работе описано применение метода статистических испытаний для анализа вклада отдельных факторов на неоднородность магнитных свойств ферритов с ППГ. В качестве априорной информации использовалась формула, связывающая сигнал с независимыми факторами — магнитными параметрами материала и геометрическими размерами сердечника.

Анализ результатов статистических испытаний показал, что для снижения неоднородности сигнала исследованного ферритового сердечника можно рекомендовать: увеличение

внутреннего диаметра на 10%, уменьшение наружного диаметра на 5%, а также уменьшение дисперсии коэрцитивной силы. Приведена оценка эффективности этих рекомендаций по увеличению процента выхода годных.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ФЕРРИТНОГО МАТЕРИАЛА

Б. С. Андреев, Б. И. Покровский, Т. А. Чемлева,  
Москва.

Статистические методы планирования, разработанные специально для изучения диаграмм состав—свойство, позволяют получать математические модели, которые в аналитической форме описывают зависимость свойств от состава в широком интервале концентраций. Совместный анализ таких моделей для нескольких параметров позволяет выделять на диаграмме локальную область, в пределах которой находятся материалы с заданным набором физико-химических характеристик.

В данной работе указанная методика была применена для уточнения оптимального состава ферритового материала в системе  $MgO—MnO—Fe_2O_3—Sc_2O_3$ .

### МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЗАМЕЩЕННЫХ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ

Е. В. Берденникова,  
Ленинград.

В настоящей работе исследовался эффект Фарадея (ЭФ) и спектры поглощения в замещенных гранатах  $Y_{3-x} Bi_x Fe_5 O_{12}$  ( $x=0,07; 0,22; 0,3$ ),  $Y_{3-2x} Ca_{2x} V_x Fe_{5-x} O_{12}$  ( $x=0,65; 1,5$ ) и  $Bi_{3-2x} Ca_{2x} V_x Fe_{5-x} O_{12}$  ( $x=0,94; 1,1; 1,22; 1,31; 1,4$ ).

Измерения эффекта Фарадея проводились на длине волны 1,15 мк в температурном интервале от 77°К до Тс. Спектры поглощения сняты в спектральной области 0,7—2 мк при температурах 300°К и 77°К. Анализ полученных результатов показал, что если ЭФ в  $Y_{3-2x} Ca_{2x} V_x Fe_{5-x} O_{12}$  можно качественно предсказать из ЭФ в иттрий-железном гранате, то ЭФ в висмут-содержащих гранатах имеет противоположный знак и необычно большую величину. В  $Bi_{3-2x} Ca_{2x} V_x Fe_{5-x} O_{12}$ , имеющих точку компенсации при  $x=1$ , для составов с  $x < 1$  вращение плоскости поляризации отрицательно, для  $x > 1$  положительно и убывает с ростом  $x$ .

## **СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ФЕРРИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ИХ ОСНОВЕ**

**Б. А. Медведев, А. В. Соломаха, В. М. Стеченко,**

На основе рассмотрения выражения комплексной проводимости и схем замещения функциональных элементов ФЭ на основе ферритовых материалов получены зависимости, характеризующие связь параметров ферритов и параметров ФЭ на их основе. Рассматривается взаимосвязь частоты, на которой обнаруживается максимум релаксационных потерь, и постоянной релаксации материала. Приводится зависимость низкочастотного значения проицаемости от удельной проводимости феррита и частоты максимума потерь.

Приводятся некоторые экспериментальные результаты, подтверждающие полученные зависимости.

## **РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНЫЕ И МЕССБАУЭРОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА, КОБАЛЬТА И МАГНИЯ**

**Н. П. Киричок, В. П. Бибик, Г. С. Подвальных, Л. Г. Кустовский,  
Ивано-Франковск.**

Керамическим методом синтезированы магний-кобальтовые ферриты систем  $MgO-Fe_2O_3$  и  $MgO-CoO-Fe_2O_3$ . Исследованы К-спектры поглощения Fe, Co и К-спектры излучения этих же элементов. Наблюдается смещение главного максимума К-спектров поглощения железа и кобальта и изменения тонкой структуры коротковолновой части спектра поглощения в зависимости от состава феррита. В спектре К  $\alpha$ -железа и кобальта изменяется ширина и индексы асимметрии в зависимости от содержания кобальта.

Получены мессбауэровские спектры поглощения Fe и рассчитаны параметры (химический сдвиг, магнитные поля на ядрах, квадрупольное расщепление) гамма-резонансного спектра.

Установлена корреляция между изменением химического сдвига и энергетическим положением К-спектров поглощения Fe и Co. Обсуждается механизм изменения электронной структуры ионов Fe и Co и ее влияние на электрические и магнитные свойства.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СПОСОБА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФЕРРИТОВОЙ ШИХТЫ РАСПЫЛИВАНИЕМ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НИТРАТОВ**

**В. В. Мазиков, В. А. Васильев, Ю. А. Степанов,**

Разработан способ приготовления ферритовой шихты распыливанием водных растворов нитратов в высокотемпературный газовый поток.

Подготовка высокотемпературного газового потока производится сжиганием смеси горючего газа и воздуха. Под действием высокой температуры происходит испарение растворителя из капель, разложение солей и ферритизация окислов. Образовавшиеся частицы шихты выводятся из газового потока и улавливаются.

Установлено, что способ, являясь непрерывным и легко регулируемым, позволяет получать мелкодисперсную шихту высокой активности и гомогенности.

Исследована зависимость химического состава высокотемпературного газового потока от величины коэффициента избытка воздуха и расхода водного раствора при различных температурах. Даны рекомендации по управлению процессом приготовления ферритовой шихты.

## **К ВОПРОСУ ОБ УСТАНОВЛЕНИИ СВЯЗИ МЕЖДУ ДИНАМИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ФЕРРИТОВ**

**И. И. Баранов, Н. В. Кобря, Л. М. Летюк,  
В. Л. Преображенский, А. В. Селезнев,**

Москва.

Параметры преобразователей электромеханических фильтров, в которых применяются магнитострикционные ферриты, существенно зависят от способа его подключения в устройстве. В соответствии с этим преобразователи определяются различными динамическими параметрами ферритов.

Используя в матричной форме связь между входными и выходными параметрами преобразователей, представленных в виде четырехполюсника, в работе установлена связь между динамическими параметрами магнитострикционных ферритов, определяемых по методу сравнения затуханий (резонанс-антирезонанс) — коэффициентом электромеханической связи, магнитомеханической добротностью и параметрами преобра-

зователя с параллельно подключаемой емкостью — коэффициентом преобразования и приведенной добротностью.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СВЯЗИ МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ КОЛЕБАНИИ КРУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОБЩЕЙ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ МАГНИТОУПРУГОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

**И. И. Баранов, Н. В. Кобря, Л. М. Летюк, В. Л. Преображенский,**  
Москва.

Важной задачей теории магнитострикционного ферритового преобразователя, используемого в электромеханических фильтрах, является получение его эквивалентной электрической схемы замещения и ее расчет в зависимости от параметров и размеров материала сердечника преобразователя. Практический интерес представляет определение его основных динамических характеристик, в частности, коэффициента электромеханической связи.

На основе теории магнитоупругого взаимодействия получены выражения для коэффициента электромеханической связи магнитострикционного ферритового преобразователя, а также для индуктивности и емкости ферритового сердечника в схеме замещения.

### **О ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НИЗКОИНДУКЦИОННЫХ СКАНДИЙ-СОДЕРЖАЩИХ ФЕРРИТОВ**

**Б. С. Андреев,**  
Москва.

К основным полезным параметрам ферритовых сердечников, используемых в системах магнитных памяти, как известно, относятся: величина магнитной индукции, коэрцитивная сила, температура саморазогрева сердечника при высокочастотном перемагничивании, быстродействие за цикл передачи информации, область устойчивой работы и другие параметры.

Рассматривается специфичность требований быстродействия и работоспособности, предъявляемых к быстродействующим МОЗУ и связанные с этим особенности скандий-содержащих ферритов.



**II Семинар  
по технологии получения, строению  
и физическим свойствам ферритов.**

**Ивано-Франковское областное управление по печати.**

---

БЧ 25226. Подписано к печати 19. V. 1972 г.  
Ф-т 60x84<sub>1/16</sub>. Печ. л. 4,5. Уч.-изд. л. 3,12.  
Заказ 5575/150. Тираж 350.

---

Облтипография, Ивано-Франковск, Чапаева, 78.