

И.Ю. Полын, В.В. Паньков

¹Белорусский государственный университет
(г. Минск, Республика Беларусь);

А.В. Труханов

ГО "НПЦ НАН Беларуси по материаловедению"
(г. Минск, Республика Беларусь)

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ СИНТЕЗА НА МОРФОЛОГИЮ И РАЗМЕР ЧАСТИЦ КОБАЛЬТ ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ

Кобальт цинковые ферриты находят широкое применение в устройствах электроники, ферромагнитных жидкостях, магнитном транспорте лекарственных субстанций, покрытиях, поглощающих микроволновое излучение, а также высокоемкостных запоминающих устройствах. Магнитные свойства данного материала позволяют применять его в аудио- и видеозаписи, а также в жестких дисках запоминающих устройств [1]. Вместе с тем свойства порошков кобальт цинкового феррита, как и других классов ферритов, существенным образом зависят от размера частиц материала. При этом свойства могут меняться в зависимости от этого параметра от суперпарамагнитных до ферромагнитных. Регулировать размер частиц для магнитных порошков можно, применяя различные методы их синтеза [2].

Золь-гель синтез является методом, позволяющим синтезировать наноразмерные частицы оксидов металлов. Метод основан на образовании геля и последующим переводом его в золь. Этот синтез относится к мало затратным методам, так как для его протекания не требуется высокие температуры и давления, а также довольно просто контролировать сам процесс [3].

Образец феррита состава $\text{Co}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ был синтезирован золь-гель методом путем смешивания нитратов соответствующих металлов в стехиометрическом соотношении и добавлении лимонной кислоты в смесь в мольном соотношении 1:2. pH раствора доводился до 7 добавлением NH_3 . Смесь выпаривали до образования геля, а после ставили в печь при 200°C до самовозгорания. Конечный продукт обжигали при разных температурах ($900, 1200^\circ\text{C}$).

Твердофазный или керамический синтез – метод, основанный на химической реакции между твердыми материалами с целью формирования нового вещества заданной структуры. Конечный продукт в этом случае может представлять из себя поликристаллические соединения в виде отдельных кристаллов, стекол, покрытий. При проведении синтеза исходные материалы в виде порошков смешиваются между собой, формуются и спекаются при высокой температуре на протяжении

долгого времени. Важно следить за полнотой протекания реакции, так как очистка конечных продуктов в этом сопряжена с трудностями [4].

В работе образец феррита состава $\text{Co}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ был синтезирован керамическим методом путем смешивания порошков CoO , ZnO и Fe_2O_3 в стехиометрическом соотношении, прессования, обжига при 1000°C в течение 6 часов, измельчении, повторном прессовании и обжиге в тех же условиях для повышения однородности конечного продукта. Данный метод несколько отличался от условий на производстве, где первый обжиг проводится при температуре 800°C , а второй - 1200°C .

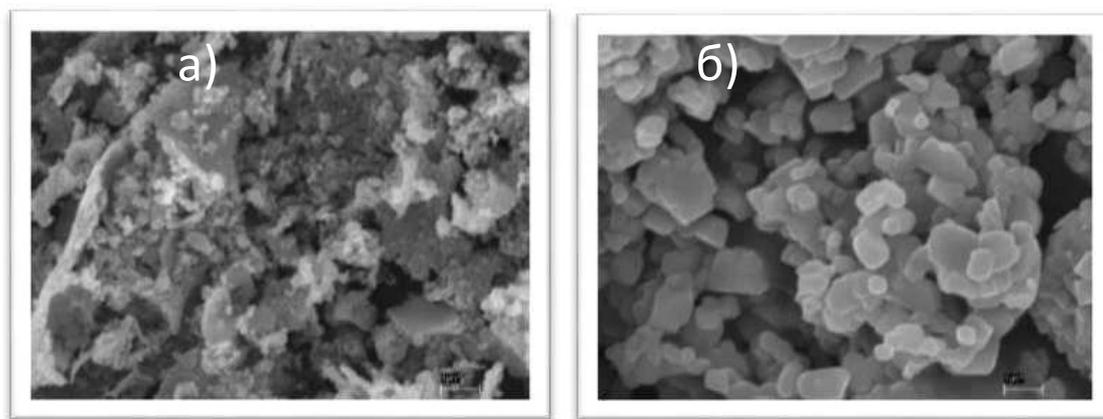


Рисунок 4 – Снимки ферритов, полученных золь-гель методом, при 900°C (а) и 1200°C (б)

Микроструктура и морфология наночастиц синтезированных золь-гель методом была изучена методом сканирующей электронной микроскопии с использованием микроскопа LEO 1455 VP. Для этого суспензию порошков в виде тонкого слоя наносили на ситалловые пластины. На основании полученных результатов, показанных на рисунке 1, полученные ферриты представляют собой ограниченные частицы, слипшиеся между собой.

Сравнение снимков частиц, для образцов, обожженных при 900°C и при 1200°C , свидетельствует об увеличении размеров кристаллитов порошков с ростом температуры. Сами частицы имеют размеры $0.03\ \mu\text{m}$ при 900°C и $0.5\ \mu\text{m}$ при 1200°C . Снимок порошка кобальт-цинкового феррита, синтезированного керамическим методом при 1000°C , представленный на рисунке 2, демонстрирует округлую форму частиц со средним размером $0.5\ \mu\text{m}$. Замечено, что частицы агломерированы между собой.

Исходя из полученных данных, можно сравнить два изученных метода между собой и заметить, что частицы, синтезированные золь-гель методом при температуре обжига 900°C , получаются намного меньшего размера ($0.03\ \mu\text{m}$), чем при обжиге 1200°C ($0.5\ \mu\text{m}$) или ча-

стицы, синтезированные керамическим способом при 1000°C (размер около 0.5 мкм).

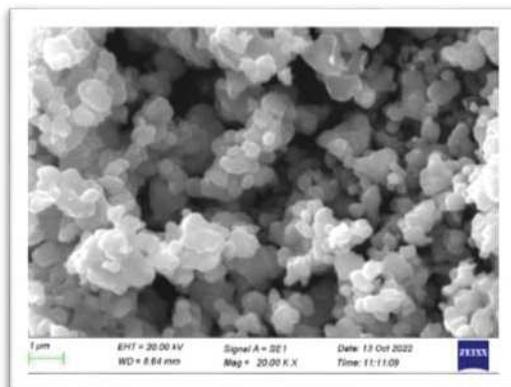


Рисунок 5 – Снимок образца феррита, полученного керамическим методом при 1000°C

В результате изменение условий синтеза в рамках одного и того же метода, существенно влияет на размер частиц, как это замечено в золь-гель синтезе. Установлено, что размер частиц, полученных керамическим методом, в опыте меньше, чем частиц, получаемых промышленным методом (1 мкм). Это может быть связано как влиянием температуры на кристаллообразование, так и интенсивностью помола частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Enhancement of the crystal size and magnetic properties of Mg-substituted Co ferrite / M. Ahmed, A. EL-Khawlani // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2009. – V. 321. – P. 1959-1963
2. Nanoparticles: Synthesis, Stabilization, Functionalization, Characterization and Applications / M. Faraji, Y. Yamini Magnetic, // *J. Iran. Chem. Soc.* - March 2010, - Vol. 7, No. 1. - P. 1-37.
3. Nanomaterial by Sol-Gel Method: Synthesis and Application / D. Bokov, A. Turki Jalil, S. Chupradit, W. Suksatan, M. Javed Ansari, I. H. Shewael, G. H. Valiev, E. Kianfar // *Advances in Materials Science and Engineering* – 2021. - vol. 2021. P – 21.
4. Прогрессивные методы синтеза нанокристаллических порошков: монография / Г.М. Волкогон, Ж.В. Еремеева, Д.А. Ледовской. – Москва, Инфра-Инженерия, 2022, 124 с.