

ИССЛЕДОВАНИЕ НАМАГНИЧЕННОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ КЮРИ LiZn-ФЕРРИТА, СИНТЕЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВЫМ МЕТОДОМ НАГРЕВА ИЗ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ РЕАГЕНТОВ*

Е.Н. Лысенко, В.А. Власов, А.П. Суржииков, С.А. Гынгазов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

С помощью измерений удельной намагниченности насыщения и температуры Кюри исследована намагниченность литий-цинкового феррита $\text{Li}_{0.4}\text{Fe}_{2.4}\text{Zn}_{0.2}\text{O}_4$, синтезированного в условиях электронно-пучкового нагрева механоактивированной смеси исходных реагентов $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--Li}_2\text{CO}_3\text{--ZnO}$. Механическая активация исходных реагентов проводилась при разном времени с использованием планетарной мельницы и стальной гарнитуры. Скорость измельчения составляла 1290 и 2220 об/мин. Для нагрева образцов во время проведения синтеза использовался импульсный ускоритель ИЛУ-6 с энергией электронов 2.4 МэВ. Температура синтеза составила 600 и 750 °С, время синтеза не превышало 120 мин. Установлено, что предварительное измельчение образцов при 2220 об/мин с последующим нагревом электронным пучком при 750 °С в течение 120 мин приводит к образованию основного количества феррита с химической формулой, заложенной на этапе смешения реагентов, что подтверждается данными по удельной намагниченности насыщения 80 Гс·см³/г и номинальному значению температуры Кюри 500 °С. Применение такого режима позволяет значительно снизить температуру синтеза феррита по сравнению с традиционной керамической технологией.

Ключевые слова: литий-цинковый феррит, намагниченность, температура Кюри, механическая активация, электронный пучок.

Введение

Магнитомягкие литий-цинковые ферриты обладают высокими значениями намагниченности насыщения, температуры Кюри, магнитной проницаемости и малой коэрцитивной силой [1–4]. Вследствие этого такой класс ферритов широко применяется в высокочастотных электронных устройствах, таких как микроволновые циркуляторы, фазовращатели, радиопоглотители, а также в компьютерной промышленности [5–8].

В зависимости от морфологии получаемых частиц в настоящее время используются следующие методы синтеза ферритов: твердофазный метод синтеза; золь-гель-технология; микроволновый нагрев и т.д. [9–14]. Касательно получения LiZn-феррита, первый из вышеперечисленных методов основан на высокотемпературном нагреве в заводских печах компактированных образцов из исходных оксидов $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--Li}_2\text{CO}_3\text{--ZnO}$ [15–18]. Основным недостатком данной технологии является невозможность электромагнитных свойств синтезированных образцов в результате применения высоких температур и, как следствие, нарушения стехиометрии из-за улетучивания цинка и лития во время синтеза, а также многоэтапного и длительного технологического процесса.

Для уменьшения температуры и времени синтеза ферритов, содержащих легколетучие компоненты, был предложен способ нагрева смеси исходных оксидов с помощью высокоэнергетического электронного пучка [19–22]. В литературе данный метод также встречается под названием радиационно-термический (РТ) нагрев, при котором пучки с энергией электронов выше 1 МэВ позволяют разогревать образцы по объему за счет взаимодействия и поглощения энергии электронного пучка в твердом теле. Применяя термостатирующие ячейки, можно добиться равномерного распределения температуры по глубине образцов во время их синтеза [23]. Уменьшение температуры и времени синтеза достигается за счет увеличения скорости протекания твердофазного взаимодействия между исходными оксидами вследствие возникновения радиационного дефектообразования электронным пучком [24–27]. При этом, включая процедуру предварительного компактирования образцов в технологический цикл синтеза ферритов, можно ускорить получение литиевых ферритов, особенно если это касается получения литий-замещенных ферритов сложных композиций [28].

В работах [29–31] было показано, что скорость протекания твердофазного взаимодействия при синтезе ферритов можно также увеличить путем предварительного механического активиро-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-19-00183).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>