

УДК 666.638,651-652

Студ. Ю.С. Шинелько
Науч. рук. доц. к.т.н. Е.М. Дятлова
(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ);
асс. к.т.н. О.А. Сергиевич (кафедра физической, коллоидной
и аналитической химии, БГТУ)

ПОЛУЧЕНИЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Среди существующих материалов, обладающих магнитными свойствами, наибольший интерес представляет феррит висмута, обладающий пирозлектрическими и сегнетоэлектрическими свойствами, а также имеет высокую температуру Кюри (1100 К). Достоинством ферритов является стабильность магнитных характеристик. При добавлении к ферриту висмута различных минерализаторов материал способен в определенных пределах изменять свои свойства. Высокое электрическое сопротивление, низкие магнитные потери, широкий интервал намагниченности насыщения и ряд других свойств позволяют успешно использовать феррит в различных устройствах сверхвысокочастотной техники.

К магнитным материалам относятся железо, кобальт и никель в технически чистом виде и многочисленные сплавы на их основе. Наибольшее распространение получили технически чистое железо, стали и сплавы на основе никеля и железа. Такие материалы называются ферромагнитными, или ферромагнетиками, т.к. железо является основным магнитным материалом. Согласно представлениям квантовой теории магнетизм обусловлен движением электронов по орбитам вокруг ядра атома или вращением электрона вокруг своей оси, т.е. спином. Магнитные моменты возникают в системах, в которых имеется нечетное количество электронов и которые образуют нескомпенсированный магнитный момент [1].

Отличительной чертой всех ферромагнитных материалов является их способность намагничиваться в магнитных полях. Обычно говорят, что они намагничиваются во внешнем магнитном поле. Таким полем может быть поле, создаваемое электрическим током, или поле другого магнита. Магнитные свойства материалов оцениваются величинами, называемыми магнитными характеристиками [2].

Синтез ферритов в зависимости от их состава, свойств и назначения может осуществляться по разным схемам. Для получения пленок феррита висмута используют различные методы (магнетронное распыление, лазерное и молекулярно-лучевое испарение, газотранспортные

реакции), однако разработка новых, более технологичных методов остается актуальной задачей.

Целью выполнения работы является разработка составов масс и технологических параметров получения керамических материалов на основе модифицированного феррита висмута.

В качестве исходных сырьевых материалов использовались чистые оксиды: Bi_2O_3 (ГОСТ 10216-75), Fe_2O_3 (ГОСТ 4173-77), La_2O_3 (ГОСТ 2642.7-97), и Ce_2O_3 (ГОСТ 23862.35-79), Co_3O_4 (ГОСТ 4467-79). Усадка опытных образцов определялась в соответствии с ГОСТ 2409-95. Плотность, пористость, водопоглощение – по ГОСТ 2409-95). Водостойкость – способность материала сопротивляться агрессивному воздействию на него воды. Для определения электрофизических свойств в качестве накладных электродов использовали графит. Измерения диэлектрической проницаемости проводились на измерителе иммитансамарки Е7–14 (ГОСТ 30421), при частоте 1кГц, в интервале температур от 25 до 500 °С с интервалом 25 °С. Для измерения магнитных свойств, в т.ч. напряженности магнитного поля использовался тесламер NOVOTEST МФ–1. Рентгенофазовый анализ проводился на установке Brucker (ФРГ) с ионизационной регистрацией рассеянных лучей (излучение $\text{CuK}\alpha$); детектор – счетчик Гейгера. Дифференциально-термический анализ осуществлялся на дериватографе марки ОД–108. Изображения получены с помощью оптического микроскопа со встроенной аналогово-цифровой фотокамерой Leica DFC 280 (Германия) при увеличении в 100 раз.

Опытные образцы без минерализатора, с оксидом лантана и с оксидом церия обжигались при температурах 875, 900, 925 °С, а образцы, в которых в качестве минерализатора использовался Co_3O_4 , способствующий в отличие от первых двух модификаторов интенсификации процесса спекания, обжигались при более низких температурах 800, 825, 850 °С.

В результате проведенных исследований были получены зависимости основных свойств: кажущейся плотности, пористости, водопоглощения от температуры обжига и количества минерализатора. Кажущаяся плотность увеличивается с ростом температуры обжига и повышением количества минерализатора, а открытая пористость и водопоглощение уменьшаются с изменением этих параметров. Оптимальной для образцов с La_2O_3 и Ce_2O_3 является температура 925 °С, при которой происходит более полное спекание и улучшение их физико-химических свойств.

Были изучены электрофизические (электрическое сопротивление и диэлектрическая проницаемость) и магнитные (остаточная намагничен-

ность и коэрцитивная сила) характеристики синтезированных материалов.

Магнитная индукция – векторная величина, являющаяся силовой характеристикой магнитного поля в данной точке пространства. Вектор магнитной индукции направлен всегда так, как сориентирована свободно вращающаяся магнитная стрелка в магнитном поле. При значении 1000 Гс остается остаточная индукция после снятия магнитного поля, в предварительно намагниченном образце. При снижении напряженности магнитного поля до нуля намагниченность материала уменьшается до определенной величины остаточной магнитной индукции, для снятия которой необходимо приложить магнитное поле с противоположным направлением силовых линий. Напряженность поля, при которой материал размагничивается, называется коэрцитивной силой [3].

На основе проведенных исследований выбран оптимальный состав, содержащий, мас. %: Bi_2O_3 – 68,56; Fe_2O_3 – 26,11; La_2O_3 – 5,33, при этом использование La_2O_3 (Ce_2O_3) способствует формированию в процессе термообработки структуры, не подверженной обратимым полиморфным превращениям.

Материал на основе оптимального состава характеризуется следующими свойствами: водопоглощение – 1,39 %; плотность – 4040 кг/м^3 ; пористость – 5,6 %; водостойкость – 99,15 %; максимальное значение диэлектрической проницаемости – 2210; тангенс угла диэлектрических потерь – 0,034; коэрцитивная сила – 64 кА/м; остаточная индукция – 1400 э. При исследовании структуры и фазового состава установлено что, поверхность образцов зернистая, зерна неправильной формы, поры распределены равномерно и имеют небольшой размер. Фазовый состав опытных образцов представлен кристаллами $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$, $\text{Bi}_{24}\text{Fe}_2\text{O}_{39}$, BiFeO_3 .

Таким образом, разработанные керамические сегнетоэлектрические материалы на основе модифицированного феррита висмута могут быть использованы в качестве материалов для изготовления интегрированных исполнительных элементов приборов и устройств автоматики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балкевич, В. Л. Техническая керамика : учеб.пособие для втузов / В. Л. Балкевич. – 2-е изд. – М.: Стройздат, 1984. – 256 с.
2. Свирская, С. Н. Пьезокерамическое материаловедение : учеб.пособие / С.Н Свирская. – Стройиздат, 1983. – 252 с.
3. Бабич, В. М. Технология производства ферритов и радиоке-рамики : учеб.пособие для втузов / В. М. Бабич. – М. : Высшая школа, 1984. – 223 с.