

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО МУЛЬТИФЕРРОИКА ОРТОФЕРРИТА ВИСМУТА И ПОЛИМЕРОВ

Современный мир невозможно представить без композиционных материалов (КМ), которые находят применение в электронной технике, машиностроении и других отраслях промышленности. КМ представляют собой материалы, которые изготовлены из двух и более компонентов. Одной из ключевых особенностей композитов является нивелирование отрицательных свойств исходных компонентов с сохранением их положительных качеств.

Целью данной научно-исследовательской работы является синтез композиционных материалов на основе системы «мультиферроик-полимер» и изучение их физических, физико-химических и электрофизических характеристик во взаимосвязи с составом и технологическими параметрами.

В качестве керамической субстанции в системе «мультиферроик-полимер» выбран модифицированный ортоферрит висмута  $\text{BiFeO}_3$  (модифицирующий ион  $\text{La}^{3+}$ ), синтезированный химическим нитрат-цитратным методом (НЦМ) и ортоферрит висмута, синтезированный методом высокотемпературного спекания (ВС), а в качестве полимерной составляющей выбран ряд часто используемых полимеров: полиэфирэфиркетон (4ПЭЭК), термоэластопласт Б2-ИБ, полиамид-6.

Для синтеза ортоферрита висмута (НЦМ) применяли кристаллогидраты солей металлов: 5-водный нитрат висмута  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 9-водный нитрат железа  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , раствор нитрата модифицирующего иона –  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ , в качестве восстановителя использовали лимонную кислоту, а в качестве окислителя – нитрат аммония и кислород воздуха. Синтез проводился путём смешивания растворов до образования геля, затем полученный осадок медленно обезвоживался при температуре  $95\text{ }^\circ\text{C}$  на электрической плитке и одновременно с этим происходила экзотермическая реакция. Полученный материал измельчался в микрошаровой мельнице и спекался в электрической печи при температуре  $950\text{ }^\circ\text{C}$  в течении 60 мин, затем повторно проводилась диспергация.

Ортоферрит висмут (ВС) получен согласно классической керамической технологии, порошки оксидов  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{La}_2\text{O}_3$  подвергались совместному помолу, согласно стехиометрии соединения  $\text{BiFeO}_3$ ,

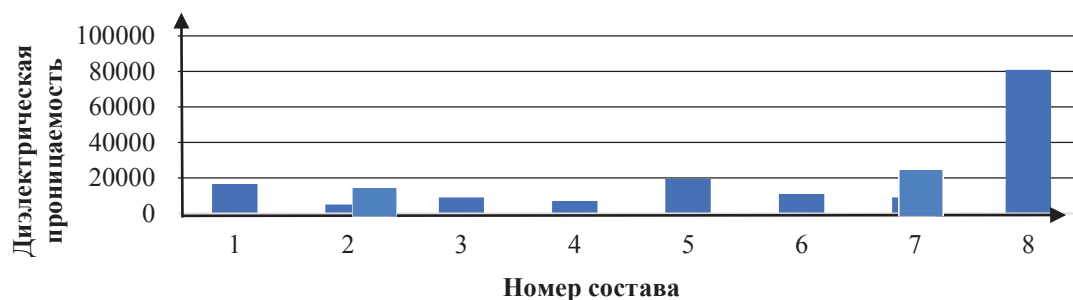
в микрошаровой мельнице и обжигались в электрической печи при температуре 850°C, с выдержкой при максимальной температуре – 1 ч.

Полимеры в предварительной подготовке не нуждались, так как материалы имели заданный гранулометрический состав.

Для получения композита порошки полимеров и сегнетокерамики смешивались в соотношении от 25:75 до 75:25 с шагом 25 мас. %, в агатовой ступке. В таблице 1 представлены составы композитов на основе феррита висмута, синтезированного различными методами, и полимеров.

С помощью гидравлического пресса получены образцы в виде дисков с диаметром 12 мм и толщиной 3 мм, в качестве связки применялся поливиниловый спирт (ПВС), давление прессования составляло от 20 до 60 МПа, использовалось двухступенчатое прессования в целях недопущения запрессовки воздуха. Затем образцы подвергались термической обработке в электрической печи в диапазоне температур от 220 до 400 °С, термическая обработка проводилась в соответствии с температурой деструкции полимеров, определенной по кривой ДСК.

Диэлектрическая проницаемость опытных образцов находится в пределах от 5000 до 90000 и зависит от состава композита (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Гистограмма зависимости диэлектрической проницаемости опытных образцов от состава композита**

На данном рисунке видно, что состав 8 имеет наибольшее значение диэлектрической проницаемости, это объясняется тем, что в качестве керамической субстанции используется ортоферрит висмута (НЦМ), а в качестве полимера – 4ПЭЭК. Ортоферрит висмута (НЦМ) является нанодисперсным и обладает большей степенью тетрагональности перовскитовой структуры, чем  $\text{BiFeO}_3$  (BC), так как метод традиционного спекания не позволяет получить частицы наноразмерного диапазона. 4ПЭЭК практически не влияет на электрофизические свойства композиции, что обусловлено структурой и природой полимера.