

05.2; 09

© 1991

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОЙ
КЕРАМИКИ В СИСТЕМЕ ЦТБС -
ФЕРРИТ КОБАЛЬТА

В.М. Л а л е т и н

Композиционные материалы феррит-пьезоэлектрик, имеющие высокие значения магнитоэлектрического эффекта, представляют практический интерес вследствие возможного широкого применения в устройствах радиоэлектроники [1]. В качестве магнитоэлектрической добавки в этих материалах используются ферриты никеля и кобальта. Последний, по сравнению с первым, обладает большей магнитожесткостью. Поэтому его использование в композиционных материалах позволяет создавать устройства, работающие в более высоких магнитных полях. Известно [2, 3], что двухфазные сегнетомагнетики на основе титаната бария и феррита кобальта получают направленной кристаллизацией из эвтектики, что связано с большими технологическими трудностями. Поэтому представляет интерес получение и исследование композита пьезоэлектрик - феррит кобальта, изготовленного по обычной керамической технологии.

В данной работе проводятся исследования физических свойств композиционной керамики в системе ЦТБС - феррит кобальта. В качестве пьезоэлектрика использован промышленный материал на основе ЦТБС-3, обладающий высокими диэлектрическими и пьезоэлектрическими свойствами.

Образцы для исследования получены путем спекания прессованных брикетов из смесей предварительно синтезированных порошков пьезоэлектрика и феррита в свинцовосодержащей засыпке при температуре 1170 °С в течение двух часов.

Поляризация полученных образцов осуществлялась в течение одного часа при комнатной температуре в электрическом поле напряженностью 600-3500 В/мм. Для образцов различных составов напряженность поля подбиралась отдельно, исходя из их электрических характеристик.

Измерение диэлектрических характеристик и удельного сопротивления проводились с помощью приборов Е7-8 и Е6-13А соответственно. Магнитоэлектрический эффект определялся на установке, описанной в работе [4], путем измерения индуцированной переменной э.д.с. при воздействии на сегнетомагнетик одновременно переменного и постоянного магнитных полей.

Исследование электрофизических свойств композиционного материала от его состава при комнатной температуре показала, что

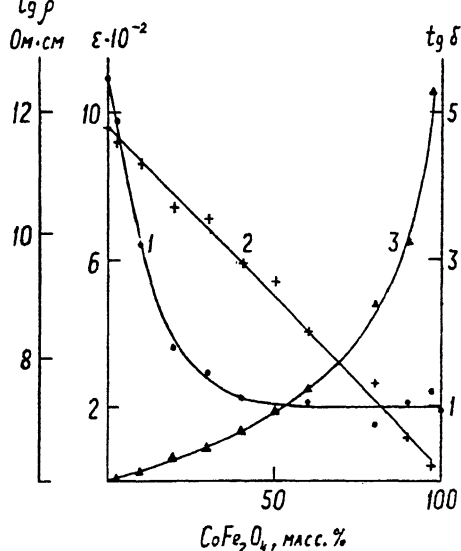


Рис. 1. Зависимость удельного сопротивления (1), диэлектрической проницаемости (2), тангенс угла потерь от содержания феррита в композиционной керамике (3).

с увеличением содержания феррита наблюдается уменьшение удельного электрического сопротивления, диэлектрической проницаемости и возрастание тангенса угла потерь (рис. 1). Такое поведение диэлектрической проницаемости свойственно для композиционных материалов, в которых сегнетоактивная фаза замещается другой, несегнетоактивной. Рост тангенса угла потерь и падение удельного электрического сопротивления объясняется более высокой электропроводностью феррита по сравнению с пьезокерамикой.

Зависимость магнитоэлектрического эффекта dE/dH от постоянного магнитного поля для образца состава $0.7\text{ЦТС} \cdot 0.3\text{CoFe}_2\text{O}_4$ (рис. 2, а) имеет вид, типичный для композитов феррит-пьезоэлектрик. Использование в качестве магнитострикционного материала феррита кобальта привело к тому, что максимальный магнитоэлектрический эффект имеет место в постоянном магнитном поле, равном 2.5 кЭ, что в 4 раза выше по сравнению с аналогичным результатом, полученным ранее [3]. Это по-видимому, можно объяснить тем, что в указанной работе магнитострикционная фаза представляет собой твердый раствор титаната кобальта - феррита кобальта, обладающий меньшей магнитожесткостью по сравнению с ферритом кобальта.

С увеличением содержания феррита в композиционном материале происходит повышение его проводимости, что приводит к возникновению частотной зависимости магнитоэлектрического эффекта. График этой зависимости для образца состава $0.7\text{ЦТС} \cdot 0.3\text{CoFe}_2\text{O}_4$

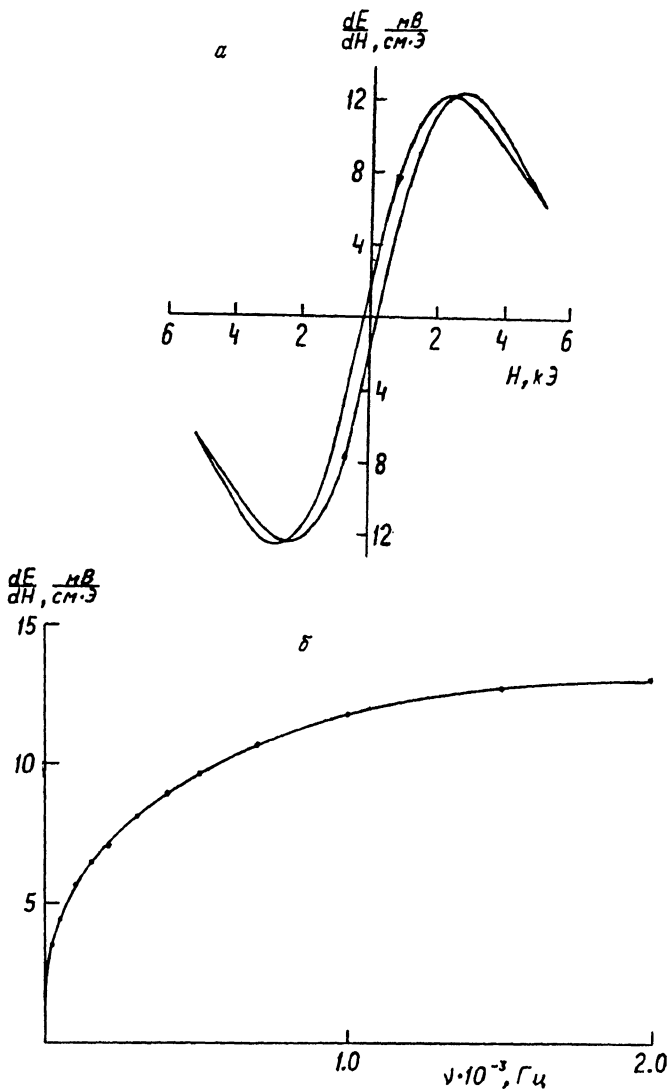


Рис. 2. а – зависимость величины магнитоэлектрического эффекта от напряженности постоянного магнитного поля для образца состава $0.7\text{ЦТБС} \cdot 0.3\text{CoFe}_2\text{O}_4$; б – зависимость величины магнитоэлектрического эффекта от частоты переменного магнитного поля для образца состава $0.7\text{ЦТБС} \cdot 0.3\text{CoFe}_2\text{O}_4$.

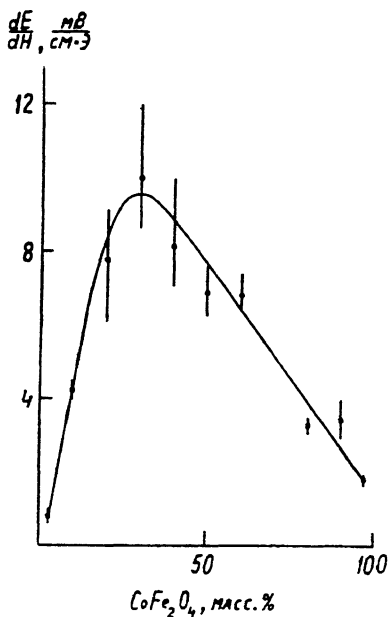


Рис. 3. Зависимость магнитоэлектрического эффекта от содержания феррита в композиционной керамике.

показан на рис. 2, б. Возрастание величины магнитоэлектрического эффекта при увеличении частоты можно объяснить уменьшением роли релаксационных явлений. Время релаксации $\tau = 1.7 \cdot 10^{-2}$ с, полученное из частотной кривой, хорошо согласуется с теоретической оценкой $\tau = \epsilon_0 \epsilon \rho$, которая равна $2.7 \cdot 10^{-2}$ с.

Из зависимости магнитоэлектрического эффекта от процентного содержания феррита следует, что максимальная его величина соответствует образцу с содержанием 30 масс.% феррита кобальта. Такое смещение в сторону с большим содержанием пьезоэлектрика происходит из-за деполяризационных явлений, возникающих вследствие повышения проводимости образцов с увеличением ферритовой фазы.

Таким образом, полученная по обычной керамической технологии композиционная керамика обладает магнитоэлектрическим эффектом, максимальное значение которого наблюдается для состава содержащего 30 масс.% феррита и составляет 12 мВ/см Э в постоянном магнитном поле, равном 2.5 кЭ. Свойства исследованного материала позволяют использовать его при разработке различных типов датчиков.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Бичурин М.И., Петров В.М., Фомич Н.Н., Яковлев Ю.М. // Обзоры по электронной технике. Сер. 6. Материалы. 1985. № 2 (1113). С. 30-51.
- [2] Van Run A.M.J.G., Terrell D.R., Scholing J.H. // J. Mat. Sci. 1974. V. 9. N 8. P. 170-1714.
- [3] Van Den Boomgaard J., Van Run A.M.J.G., Van Suchtelen J. // Ferroelectrics. 1976. V. 10. N 1. P. 295-298.
- [4] Гелясин А.Е., Лалетин В.М. Установка для исследования магнитоэлектрического эффекта. Деп. в ЦНИИ „Электроника“ Р-5126. 1988. 7 с. (Сб. Электронная техника. 1989. Сер. 6. В. 7 (244)).

Витебское отделение
Института физики
твёрдого тела
и полупроводников
Академии наук БССР

Поступило в Редакцию
27 декабря 1991 г.