

Список литературы

1. Степанова, Т. Ю. Эмульсирование как способ модификации свойств поверхности текстильных волокон: монография / Т. Ю. Степанова // Ивановский государственный химико-технологический университет. – Иваново, 2011. – 118 с.
2. Лобацкая, О.В. Материаловедение: учебное пособие / О. В. Лобацкая, Е. М. Лобацкая // УО «ВГТУ». – Витебск, 2011. – 324 с.
3. Назарова, М. В. Теория процессов подготовки нитей к ткачеству. Часть II: учебное пособие / М. В. Назарова, В. Ю. Романов // Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2006. – 68 с.

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ПОРИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МУЛЬТИФЕРРОИКАХ

Лалетин В.М.

*ГНУ «Институт технической акустики Национальной академии наук Беларуси»,
г. Витебск, Беларусь. E-mail: laletin57@rambler.ru*

Введение

Магнитоэлектрический (МЭ) эффект в композиционных мультиферроиках является результатом взаимодействия двух фаз – пьезоэлектрической и магнитострикционной. Можно предположить, что величина эффекта в объемных композитах будет зависеть от наличия пор, причем с увеличением пористости величина эффекта должна уменьшаться. Это будет вызвано как уменьшением доли активного материала, так и уменьшением площади соприкосновения между фазами. Однако увеличение пористости в пьезокерамике приводит к увеличению коэффициента пьезочувствительности по напряжению, что должно привести к увеличению МЭ коэффициента по напряжению (МЭКН) в объемных композитах [1,2]. В связи с этим была проведена работа по исследованию влияния пористости на МЭ характеристики. В качестве пьезоэлектрика использовали промышленную пьезокерамику PZT850 и ЦТС42-1. В качестве магнитострикционного материала был выбран феррит никеля состава $\text{NiFe}_{1,9}\text{Co}_{0,02}\text{O}_4$, обладающий большим удельным сопротивлением [3]. Его применение позволило получить композиционную керамику с высоким удельным сопротивлением, необходимым для эффективной поляризации образцов.

Методика эксперимента. Образцы для исследований получали спеканием брикетов из смесей 40 масс.% пьезоэлектрика и 60 масс.% феррита никеля при температуре 1200°C в течение 1-2 часа. Давление, прикладываемое к брикетам, менялось в области от 700 кПа до 200 МПа, что позволило изготовить образцы с пористостью от 5% до 40%. Пористость образцов оценивали исходя из их плотности, которая менялась от $3,4 \text{ г/см}^3$ до $5,7 \text{ г/см}^3$. Электроды наносили путем вжигания серебряной пасты. Образцы поляризовали в электрическом поле напряженностью 3-4 кВ/мм при 80°C в течение 1 часа. Затем медленно охлаждали в течение одного часа до комнатной температуры в поле, возрастающем до 4-5 кВ/мм.

МЭ эффект исследовали путем измерения напряжения, возникающего на образце, при наложении на него переменного и постоянного магнитных полей. Исследования были проведены при двух различных ориентациях образца. В одном случае вектор электрической поляризации был перпендикулярен магнитным полям (поперечный эффект), в другом случае – параллелен (продольный эффект).

Результаты исследований. МЭ эффект в композиционных материалах проявляется в виде изменения электрической поляризации под действием магнитного поля. Поэтому на МЭ параметры большое влияние оказывает диэлектрическая проницаемость. Результаты исследований влияния пористости материала на диэлектрическую проницаемость представлены на рис.1а. С увеличением пористости от 5 до 40%

диэлектрическая проницаемость уменьшается по линейному закону в 3,5-4 раза.

На рис.1б показаны полевые зависимости МЭКН для образца состава ЦТС42-1 40 масс.% и $\text{NiFe}_{1,9}\text{Co}_{0,02}\text{O}_4$ 60 масс.% при пористости материала 5% и 40%. Увеличение пористости приводит к уменьшению МЭ сигнала в три раза и в два раза к уменьшению величины подмагничивающего поля, при котором наблюдается максимальный МЭ сигнал. Для всех исследованных образцов полевая зависимость МЭКН имеет типичный вид, свойственный объемным материалам феррит-пьезоэлектрик.

Исследования влияния пористости образца на МЭКН при продольном и поперечном эффектах представлены на рис.2. С увеличением пористости материала от

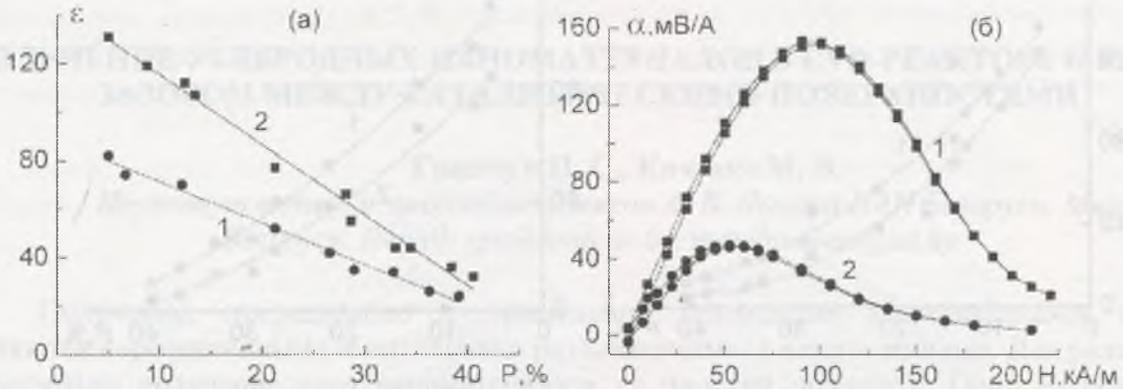


Рисунок 1 – Зависимость диэлектрической проницаемости от пористости структур PZT850 – $\text{NiFe}_{1,9}\text{Co}_{0,02}\text{O}_4$ (1), ЦТС42 – $\text{NiFe}_{1,9}\text{Co}_{0,02}\text{O}_4$ (2) (а). Полевая зависимость продольного МЭКН структуры ЦТС42 – $\text{NiFe}_{1,9}\text{Co}_{0,02}\text{O}_4$. 1 – пористость 5%, 2 – пористость 40% (б)

5 до 40% МЭ коэффициент уменьшается для продольного эффекта примерно в 3 раза, для поперечного эффекта – примерно в 6-7 раз. Значения продольного коэффициента во всех случаях выше величины поперечного коэффициента. Однако, если при пористости материала 5% продольный сигнал превышает поперечный примерно на 10-30%, то при пористости материала 40% продольный сигнал превышает поперечный примерно в два раза. Это объясняется сильным разбавлением магнитной фазы. В таких образцах влияние внешнего размагничивающего фактора незначительно, и процесс намагничивания образца определяется намагничиванием отдельных частиц. Так как продольная магнитострикция в два раза превышает поперечную, то это объясняет, почему продольный МЭ сигнал в два раза превышает поперечный при пористости материала 40%.

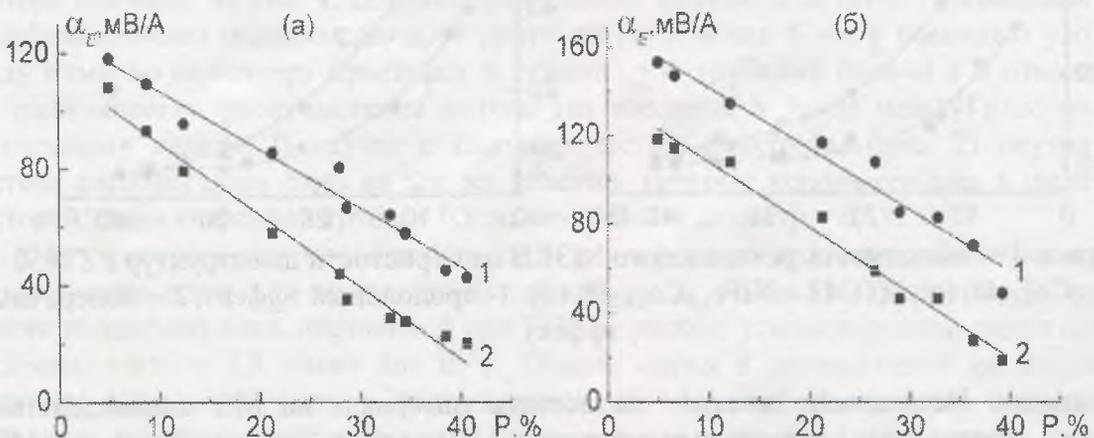


Рисунок 2 – Зависимость МЭКН от пористости для структур PZT850 – $\text{NiFe}_{1,9}\text{Co}_{0,02}\text{O}_4$ (а), ЦТС42 – $\text{NiFe}_{1,9}\text{Co}_{0,02}\text{O}_4$ (б). 1- продольный эффект, 2 – поперечный эффект

Исследования влияния пористости образца на МЭ коэффициент по поляризации (МЭКП) при продольном и поперечном эффектах представлены на рис.3. Увеличение пористости материала приводит к уменьшению МЭКП в 10-30 раз. Это обусловлено влиянием диэлектрической проницаемости на МЭКП.

Одним из способов повышения эффективности МЭ взаимодействия является использование переменного магнитного поля с частотой, равной частоте механического резонанса исследуемой структуры. В этом случае наблюдается значительное

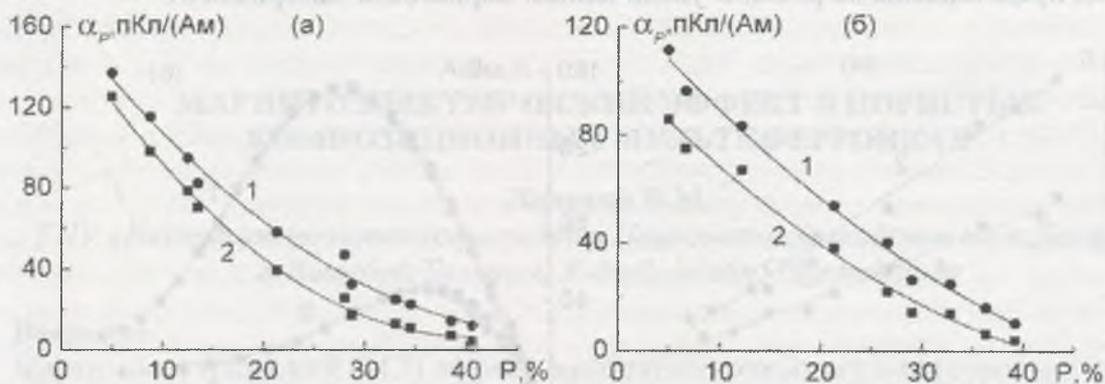


Рисунок 3 – Зависимость МЭКП от пористости для структур PZT850 – NiFe_{1.9}Co_{0.02}O₄ (а), ЦТС42 – NiFe_{1.9}Co_{0.02}O₄ (б). 1- продольный эффект, 2 – поперечный эффект.

уменьшение МЭКН с увеличением пористости (рис.4). В зависимости от состава керамики и геометрии эксперимента изменение сигнала колеблется от 30 до 160. Это обусловлено влиянием пористости материала на добротность образцов. Для образцов с пористостью 5% она составила 800-1000, для образцов с пористостью 40% – 100. При этом наблюдается также линейное уменьшение резонансной частоты, обусловленное уменьшением модуля упругости с увеличением пористости материала. Относительное изменение резонансной частоты на 1% пористости составило -0,016.

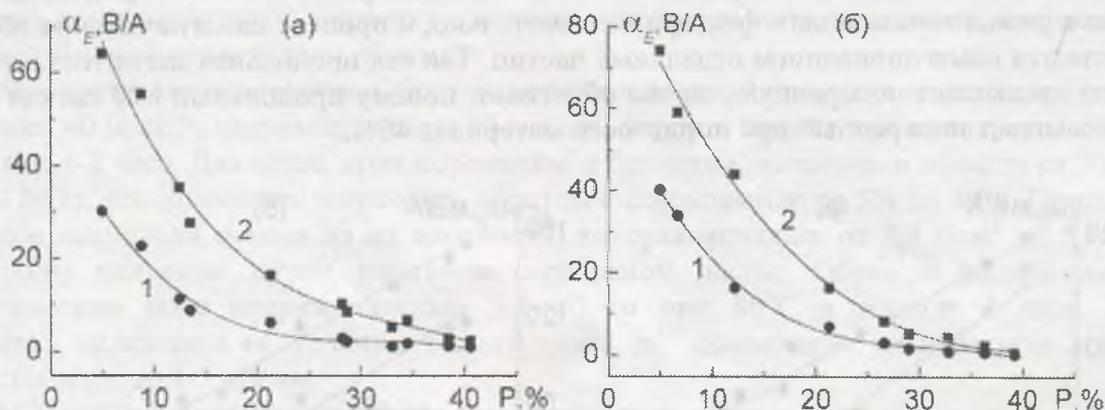


Рисунок 4 – Зависимость резонансного МЭКН от пористости для структур PZT850 – NiFe_{1.9}Co_{0.02}O₄ (а), ЦТС42 – NiFe_{1.9}Co_{0.02}O₄ (б). 1- продольный эффект, 2 – поперечный эффект.

Выводы. Исследовано влияние пористости материала на МЭ взаимодействие в объемных композитах феррит-пьезоэлектрик. Измерения низкочастотного МЭКН показало линейное уменьшение сигнала с увеличением пористости. Для МЭКП сигнал уменьшается по квадратичному закону. В случае резонансного эффекта МЭКН уменьшается по кубическому закону.

Список литературы

1. Лупейко Т.Г., Лопатина И.Б., Лопатин С.С., Гетман И.П. Пористая магнитоэлектрическая керамика на основе цирконата-титаната свинца и феррита никеля. Неорганические материалы. -1991. -Т.27. №11. -С.2394-2396.
2. Wersing W., Lubitz K., Mohaupt J. Dielectric, elastic and piezoelectric properties of porous PZT ceramics. Ferroelectrics. -1986. -V.68. №1/4. -P.77-97.
3. Смит Я., Вейн Х. Ферриты. М.: ИЛ. 1962. -504 с.

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ В CVD-РЕАКТОРЕ С УЗКИМ ЗАЗОРОМ МЕЖДУ КАТАЛИТИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Гринчук П. С., Кияшко М. В.

Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь. E-mail: gps@hmti.ac.by, manilmsteen@tut.by

Получение, исследование и применение углеродных наноматериалов (УНМ) являются перспективными и интенсивно развивающимися направлениями. Для ряда целей желательно получение слоя наноматериалов на плоской подложке. Один из основных методов синтеза УНМ – газофазное химическое осаждение (chemical vapor deposition, CVD) в присутствии катализатора (Ni, Fe, Co, их соединения). Классический CVD-реактор для получения УНМ представляет собой подогреваемую кварцевую трубку, по которой протекает смесь углеводородного газа и газа-носителя. При синтезе УНМ на плоской подложке цилиндрический реактор обладает рядом недостатков [1]. Это связано с малой величиной соотношения площади каталитической поверхности осаждения S и реакционного объема V . Из-за малого отношения S/V в процессе роста УНМ на подложке участвует лишь малая доля углеводородного газа, протекающего через реактор. Это может приводить к неэффективному использованию сырья и образованию нежелательных продуктов пиролиза в объеме реактора [1, 2]. Увеличить соотношение S/V и повысить эффективность процесса CVD можно путем замены цилиндрической формы реактора на щелевидную.

Для исследования влияния геометрических параметров реактора на эффективность метода CVD проводились эксперименты по получению УНМ в щелевидном и в цилиндрическом реакторах при одних и тех же условиях. Схема плоского щелевидного реактора показана на рис. 1. Две никелированные медные пластины 1 размерами 78x504 мм зафиксированы параллельно друг другу на расстоянии 6 мм с помощью уложенной между ними по периметру проставки 3, оснащенной трубками подачи 4 и отвода 5 газа. Для равномерного распределения потока газ вводится в зазор между пластинами по треугольному каналу. В случае с цилиндрическим реактором (рис. 2) внутри трубы реактора располагалась одна из тех же пластин, которые использовались в щелевидном реакторе. Длина кварцевой трубы – 0,8 м, внутренний диаметр – 0,112 м.

Оба эксперимента проводились при атмосферном давлении. В качестве сырья использовалась одна и та же пропан-бутановая смесь, разбавленная азотом. Температура пластин поддерживалась постоянной при 710 °С, расход углеводородной смеси составлял 0,5 л/мин, азота – 1,5 л/мин для н. у. Подача сырья в эксперименте со щелевидным реактором длилась 42 мин, с цилиндрическим – 55 мин. В процессе экспериментов измерялись перепад давления на входе и на выходе реактора, концентрация водорода в отработанной газовой смеси, брались пробы газа на входе и на выходе для хроматографического анализа. Концентрация H_2 в смеси на выходе может служить индикатором интенсивности пиролиза и, следовательно, осаждения углерода на подложке.