

**ЛИНЕЙНЫЙ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ
В ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУРАХ АU/СО/ЦТС/СО/АU**
Поддубная Н.Н.¹, Стогний А.П.², Лалетин В.М.¹, Новицкий Н.Н.²
¹ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск
²ГНПО НИЦ НАН Беларуси по материаловедению, г. Минск

Возможности современного оборудования позволяют получать все более сложные композиционные структуры, свойства которых определяются качествами исходных веществ, их взаимодействием в соединении и зависят от технологии изготовления. К таким соединениям относятся и слоистые магнитоэлектрические (МЭ) мультиферронки. Такие материалы способны превращать воздействие внешнего магнитного поля в электрический заряд, что делает их перспективными для создания ряда новых устройств микроэлектроники. Значение индуцируемой электрической напряженности композиционной структуры зависит от стрикционных свойств пьезоэлектрической и магнитоэлектрической составляющей, воздействующего магнитного поля, и может достигать значений в несколько десятков вольт.

В работе представлены результаты экспериментального исследования линейного магнитоэлектрического эффекта в тонкопленочных слоистых мультиферронках. Образцы металл – пьезоэлектрик – металл изготовлены в форме дисков диаметром 8,7 – 8,8 мм (рисунок 1). Пьезокомпоненты структуры изготовлена из порошка промышленной керамики цирконат-титанат свинца марки ЦТС 42. Металлическое покрытие получено методом ионно-лучевого распыления кобальта до толщины 1, 2 и 3 мкм (рисунок 2). Для защиты от окисления образцы покрыты слоем золота толщиной в несколько атомных единиц. Структуры поляризовались вдоль оси дисков в электрическом поле 3,5 кВ/см·Э с нагревом до 90°С и последующим охлаждением в поле.

Для изучения МЭ свойств на образцы воздействовали постоянным полем электромагнита и переменным магнитным полем, генерируемым катушками Гельмгольца. МЭ свойства наблюдали при поперечной ориентации магнитных полей к направлению вектора электрической поляризации образцов. Величина переменного магнитного поля составляла 10 Э, частота 1 кГц. Постоянное магнитное поле изменялось от 0 Э до 2,0 кЭ.

МЭ коэффициент по напряжению рассчитан по формуле:

$$\alpha_{\varepsilon} = \frac{dU}{(h \cdot dH)}$$

где dU - измеренное значение электрической напряженности, dH – изменение напряженности приложенного к образцу постоянного магнитного поля, h - толщина пьезокерамики.

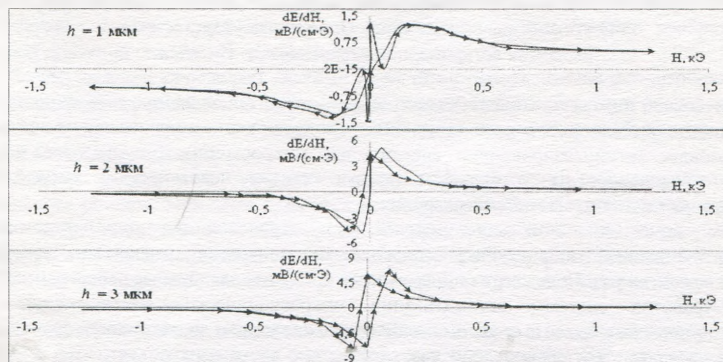
На рисунке отображены результаты исследования магнитоэлектрического коэффициента по напряжению.

С уменьшением толщины магнитоэлектрического покрытия форма петли существенно искажается, приобретая дополнительный максимум для покрытий толщиной менее 2 мкм. В образцах с толщиной покрытий по 3 мкм профиль полевой зависимости имеет вид, свойственный объемным МЭ материалам [1].

На рисунке отображены результаты исследования магнитоэлектрического коэффициента по напряжению.

С уменьшением толщины магнитоэлектрического покрытия форма петли существенно искажается, приобретая дополнительный максимум для покрытий толщиной менее 2 мкм. В образцах с толщиной покрытий по 3 мкм профиль полевой зависимости имеет вид, свойственный объемным МЭ материалам [1].

Полученная зависимость объясняется влиянием наведенной магнитострикции кобальта. С уменьшением толщины пленки магнитного металла происходит перестройка ее доменной структуры. В толстых покрытиях магнитные домены металла разориентированы в пространстве и компенсируют друг друга. При этом наведенная



намагниченность материала равна нулю. С уменьшением толщины пленки магнитных домены вынуждены ориентироваться в плоскости. При этом наблюдается пространственная анизотропия магнитных свойств, и форма петли магнитострикции в плоскости пленки приближается к прямоугольной [2, 3]. В этом случае вращение вектора

Рисунок 1 – Линейный магнитоэлектрический эффект структур Au/Co/Cr/Cr/Au намагниченности в плоскости ничем не ограничивается. Анизотропия намагниченности пленок может сохраняться до толщины в несколько десятков микрон, и в большей мере определяется методом ионно-лучевого распыления, интерфейсом границы металл – подложка и собственной магнитострикцией металла.

Изменения магнитоэлектрических свойств вносят искажения в МЭ петлю гистерезиса, вызывая появление дополнительного максимума вблизи нулевых значений поля. С ростом величины внешнего магнитного поля структура сопротивляется его воздействию за счет вращения намагниченности в плоскости пленки. Увеличение толщины магнетика приводит к ослаблению собственной магнитострикции металла в плоскости пленки. Одновременно снимается искажение в МЭ зависимости. Максимум МЭ коэффициента в этом случае наблюдается вблизи нулевых значений внешнего поля, что открывает новые перспективы использования МЭ материалов.

Обнаружение влияния магнитоэлектрических свойств пленки на линейный магнитоэлектрический эффект возможно исключительно благодаря методу получения покрытий. Подготовка поверхности и подбор режимов ионно-лучевого распыления позволили создать условия для получения анизотропных пленок толщиной в 1 мкм. Полученная величина МЭ эффекта в нулевом внешнем поле позволяет рассчитывать на практический интерес к подобным структурам.

1 - G. Srinivasan, R. Hayes, C. P. De Vreugd, U. Laletsin, and N. Poddubnaya / Dynamic magnetoelectric effects in bulk and layered composites of cobalt zinc ferrite and lead zirconate titanate. // Appl. Phys. A. 80, 891(2005).

2 - Г.С.Кричик. Физика магнитных явлений. Изд. МГУ, М. 1985.

3 - Е.Е.Шальгина, Л.В.Козловский, Н.М.Абросимова, М.А.Мухашева. Влияние отжига на магнитные и магнитооптические свойства пленок Ni, М. J. ФТТ том 47 выпуск 4 (2005) 660 – 665.