

05.2;06.3;07

©1993

ВЛИЯНИЕ ВЗАИМНОЙ ОРИЕНТАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ НА МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В КЕРАМИКЕ ФЕРРИТ-ПЬЕЗОЭЛЕКТРИК

В.М. Лалетин

В настоящее время исследования магнитоэлектрического (МЭ) эффекта в композиционных материалах феррит-пьезоэлектрик проводятся путем измерения индуцированной э.д.с., возникающей при наложении на образец переменного и постоянного магнитных полей. При этом измерения осуществляются в условиях, когда вектор поляризации и направление постоянного магнитного поля параллельны или перпендикулярны друг другу [1]. В первом случае в качестве возбуждающего начала используется продольная магнитострикция, во втором — поперечная. Такие измерения не дают информации о поведении МЭ эффекта в магнитном поле, т.к. не рассматривают влияние взаимного расположения вектора поляризации образца и направления магнитного поля на величину МЭ эффекта, хотя такие исследования могут быть полезны при конструировании датчиков угла поворота с использованием композиционной керамики феррит-пьезоэлектрик.

Целью данной работы является изучение влияния угла между вектором поляризации образца и направлением постоянного магнитного поля на значение индуцированной э.д.с. Для этого были рассмотрены две схемы эксперимента. Согласно первому варианту происходило вращение только образца, переменное и постоянное магнитные поля оставались параллельны друг другу. По второй схеме вращение образца относительно постоянного магнитного поля осуществлялось вместе с источником переменного магнитного поля. При этом вектор поляризации образца был параллелен переменному магнитному полю.

Исследования проводились в магнитных полях, соответствующих половине максимального и максимальному значению индуцированной э.д.с. (рис. 1, а, точки а, в, с), измеренной в условиях, когда вектор поляризации был параллелен направлениям постоянного и переменного магнитных полей.

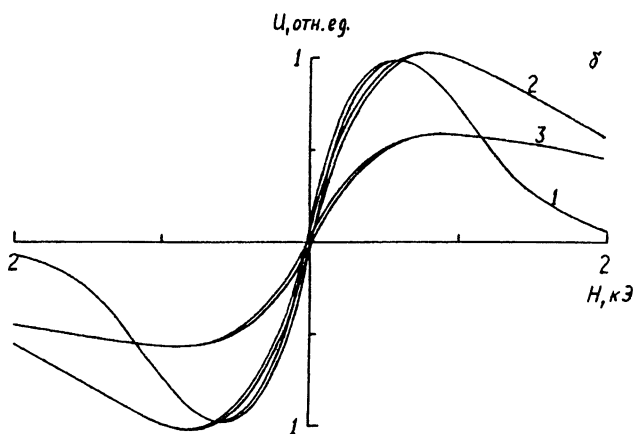
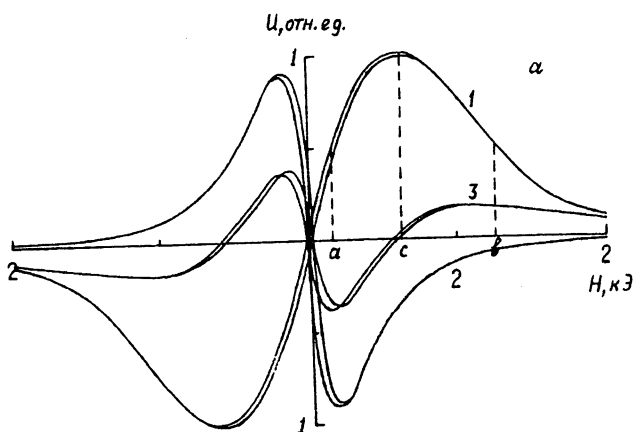


Рис. 1. а) Полевая зависимость величины сигнала для углов поворота 0 (1), 90 (2) и 45 (3) градусов. Схема эксперимента 1.

б) Полевая зависимость величины сигнала для углов поворота 0 (1), 30 (2) и 60 (3) градусов. Схема эксперимента 2.

В качестве образца использовалась композиционная керамика состава: 60 масс.% цирконата титаната бария свинца и 40 масс.% феррита никеля, полученная по обычной керамической технологии.

Результаты исследований, проведенных по первой схеме эксперимента, представлены на рис. 2, а. Кривые 1, 2, 3 получены в магнитных полях соответствующих точкам а, в, с на рис. 1, а. Полученные результаты можно объяснить следующим образом. Известно, что поперечная магнитострик-

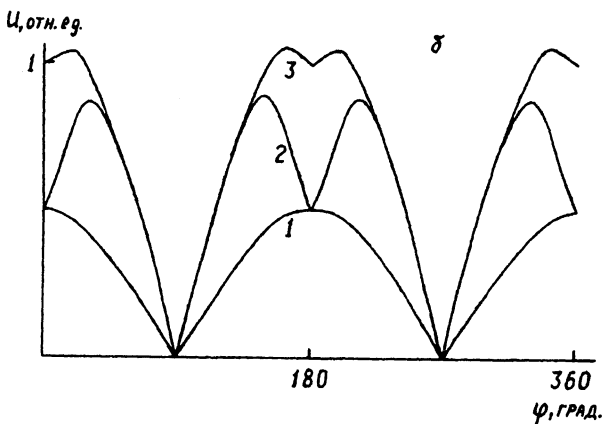
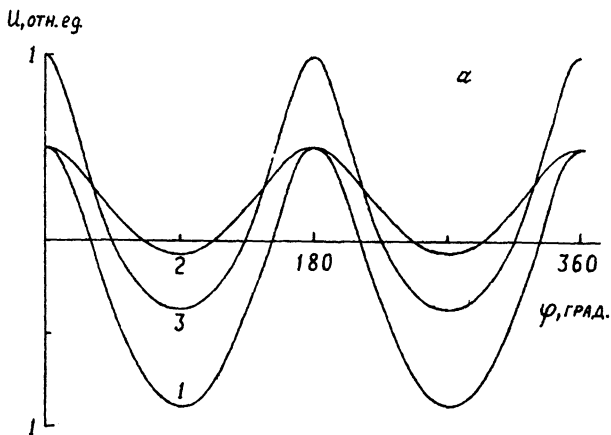


Рис. 2. а) Угловая зависимость величины сигнала, измеренная в магнитных полях соответствующих точкам а (1), б (2) и с (3) на рис. 1, а. Схема эксперимента 1.

б) Угловая зависимость величины сигнала, измеренная в магнитных полях соответствующих точкам а (1), б (2) и с (3) на рис. 1, а. Схема эксперимента 2.

ция по сравнению с продольной для “нормальных” ферритов имеет обратный знак [2]. Это означает, что при вращении образца формирование сигнала должно происходить под действием двух сигналов противоположных по знаку. Вклад каждого зависит от угла между поляризацией образца и направлением постоянного магнитного поля. Если обозначить через φ угол между поляризацией образца и направлением постоянного магнитного поля, U_1 — величину

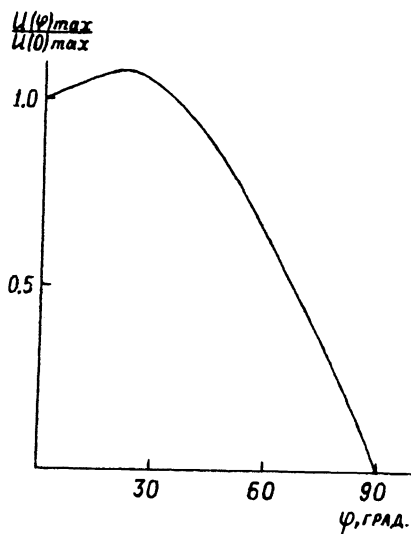


Рис. 3. Относительное изменение максимального значения сигнала от величины угла поворота. Схема эксперимента 2.

сигнала, создаваемого продольной магнитострикцией при угле в 0 градусов, U_2 — величину сигнала, создаваемого поперечной магнитострикцией при угле в 90 градусов в некотором магнитном поле напряженностью H , то величину выходного сигнала можно представить в виде:

$$U(H) = A_1(\varphi) \cdot U_1(H) \cdot \cos \varphi - A_2(\varphi) \cdot U_2(H) \cdot \sin \varphi.$$

Функции $A_1(\varphi)$ и $A_2(\varphi)$ характеризуют действие размагничивающего фактора на полевую зависимость сигнала. Характер намагничивания образцов зависит от величины размагничивающего фактора, определяемого формой образца и его ориентацией в магнитном поле [3]. Так как при вращении образца в магнитном поле его размагничивающий фактор меняется, то это приводит к изменению полевой зависимости сигнала. Причем с увеличением угла поворота от 0 до 90 градусов действие функции $A_1(\varphi)$ приводит к сжатию полевой зависимости сигнала, а действие функции $A_2(\varphi)$ к ее растяжению. На рис. 1, а представлены полевые зависимости индуцированной э.д.с. для углов поворота 0 и 90 градусов (кривые 1, 2). Хорошо видно влияние размагничивающего фактора на расположение экстремумов сигналов. Кривая 3 характеризует полевую зависимость сигнала при угле поворота в 45 градусов.

Исследования, проведенные по второй схеме, выявили совершенно другие закономерности (рис. 2, б). Фаза сиг-

вала не зависит от угла поворота. В зависимости от напряженности постоянного магнитного поля при вращении образца меняется характер зависимости э.д.с. Объяснение данному факту может быть следующее. С увеличением угла поворота происходит уменьшение намагниченности образца в направлении поляризации, что приводит к смещению сигнала по его полевой зависимости к началу координат. При исследовании угловой зависимости в магнитных полях соответствующих точкам a и b на рис. 1, a , это должно привести в первом случае к уменьшению сигнала, а во втором — сначала к увеличению, а затем к уменьшению, что и наблюдается в эксперименте (рис. 2, b , кривые 1 и 2). К сожалению, этот механизм не объясняет угловую зависимость, снятую в магнитном поле, которое соответствует точке C на рис. 1, a . В этом случае вместо уменьшения сначала наблюдается небольшое увеличение, а затем уменьшение сигнала (рис. 2, b , кривая 3). Дополнительные исследования, проведенные по измерению полевой зависимости индуцированной э.д.с. при различных углах поворота показали, что с увеличением угла от 0 до 90 градусов происходит смещение максимума э.д.с. в сторону увеличения поля, а максимальное значение э.д.с. сначала возрастает, достигая наибольшей величины при 20 градусов и далее уменьшается. На рис. 1, b в качестве примера приведены полевые зависимости индуцированной э.д.с., снятые при повороте на 0.30 и 60 градусов, (кривые 1, 2 и 3 соответственно). Отдельно на рис. 3 представлена зависимость относительного изменения максимального значения э.д.с. от угла между поляризацией образца и направлением постоянного магнитного поля. Полученный результат может быть объяснен возникновением анизотропии, вследствие дисперсии вектора намагниченности в магнитных кристаллитах.

Проведенные исследования влияния угла между вектором поляризации образца и направлением постоянного магнитного поля на величину индуцированной э.д.с. позволяют сделать следующие выводы: величина сигнала, характер его поведения зависят как от схемы проведения эксперимента, так и от напряженности постоянного магнитного поля, при котором проводились измерения.

Автор благодарит Ю.И.Бохана и С.В.Сухвало за обсуждение полученных результатов.

Список литературы

- [1] *Wan Run A.M.J.G., Terrel D.R., Scholing J.H.* // J. Mat. Sci. 1974. V. 9. N 8. P. 1710-1714.
- [2] *Белов К.П.* Магнитострикционные явления и их технические приложения. М.: Наука. 1987. 160 с.
- [3] *Смит Я., Вейн Х.* Ферриты. М.: ИЛ. 1962. 504 с.

Витебское отделение Института
физики твердого тела и полупроводников
Академии наук Беларуси

Поступила в редакцию
6 июля 1993 г.
