

УДК 53.098

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ТОРОИДАЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ Metglas/PZT/Metglas

Марков И.Ю.¹

¹Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, Великий Новгород, e-mail: ivanmarckov02@mail.ru

В данной работе рассматривается магнитоэлектрический (МЭ) эффект в трёхслойных тороидальных структурах на основе магнитострикционного материала Metglas и пьезоэлектрика PZT-19. Представлены экспериментально полученные графики зависимостей выходного напряжения от частоты подаваемого сигнала при определённых значениях тока и диаметра структуры. Показано, что в DS структуре наблюдается увеличение резонансного напряжения и сдвиг резонансной частоты по сравнению с SS структурой.

Ключевые слова: магнитоэлектрический эффект, датчик тока, большой ток, бесконтактное измерение тока, тороидальная структура

MAGNETOELECTRIC EFFECT IN TOROIDAL STRUCTURE Metglas/PZT/Metglas

Markov I.Y.¹

¹The Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Velikiy Novgorod, e-mail: ivanmarckov02@mail.ru

In this paper, the magnetoelectric (ME) effect in three-layer toroidal structures based on magnetostrictive material Metglas and piezoelectric PZT-19 is considered. The experimentally obtained graphs of the dependences of the output voltage on the frequency of the supplied signal at certain values of the current and the diameter of the structure are presented. It is shown that in the DS structure there is an increase in the resonant voltage and a shift in the resonant frequency compared to the SS structure.

Keywords: magnetoelectric effect, current sensor, high current, non-contact current measurement, toroidal structure

Введение

Прямой магнитоэлектрический (МЭ) эффект проявляется в виде индуцирования электрической поляризации в материале во внешнем магнитном поле. Он представляет довольно большой интерес для практических применений. По сравнению с однофазными материалами различные МЭ композиты (структуры) демонстрируют гигантский МЭ-отклик при комнатной температуре [1, 2, 3]. В феррит-пьезоэлектрических структурах МЭ эффект обусловлен механическим взаимодействием магнитной и электрической подсистем. Экспериментальные исследования в области МЭ эффекта важны для проектирования новых устройств на его основе [4, 5].

В данной работе рассматриваются экспериментально полученные данные о МЭ эффекте в тороидальных трёхслойных структурах, которые в будущем будут использоваться при проектировании датчика высоких постоянных токов.

Цель исследования

Целью данного исследования является сравнение рассматриваемых МЭ структур, отличающихся только количеством слоев материала Metglas, при воздействии на них магнитного поля, создаваемого проводником с постоянным током.

Материал и методы исследования

Проведено экспериментальное исследование МЭ эффекта в трехслойных тороидальных МЭ структурах, состоящих из магнитоэластичного материала Metglas на основе никеля и пьезоэлектрика PZT-19. Исследование проводилось с помощью синхронного усилителя MFLI (Medium Frequency Lock-in) Zurich Instruments, который включает в себя генератор сигналов для создания переменного магнитного поля в структуре и осциллограф для снятия выходного напряжения. Электроды для снятия выходного напряжения были припаяны к верхней и нижней поверхностям Metglas и подключены к синхронному усилителю вместе с выводами намотанной на МЭ структуру катушки. Через отверстие МЭ структуры проходит прямолинейный проводник с постоянным током величиной $I = 1$ А.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящем исследовании рассматривается трехслойная МЭ структура, состоящая из магнитоэластичной (Metglas) и пьезоэлектрической (PZT-19) фаз. На рисунке 1 приведена исследуемая структура и указаны направления постоянного магнитного поля \vec{H}_0 , создаваемого проводником с током, переменного магнитного поля \vec{H}_{\sim} , создаваемого медной катушкой, намотанной на структуру, и тока I .

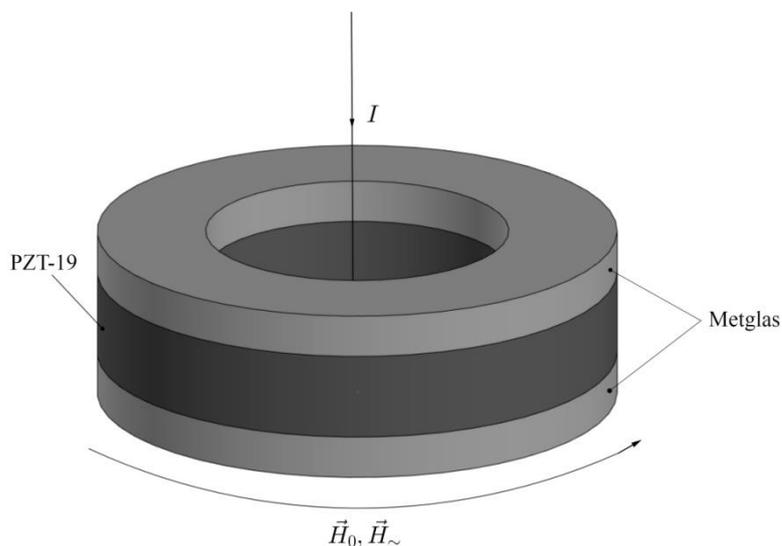


Рисунок 1 – Тороидальная МЭ структура

Для эксперимента были изготовлены две МЭ структуры: 1) SS (Single Sandwich) структура с внешним и внутренним диаметрами 8 и 3 мм, соответственно, толщиной ~ 1040 мкм и одним слоем Metglas как сверху, так и снизу кольца PZT-19; 2) DS (Double Sandwich) структура с внешним и

внутренним диаметрами 8 и 3 мм, соответственно, толщиной ~ 1080 мкм и двумя слоями Metglas как сверху, так и снизу кольца PZT-19.

В результате эксперимента была получена частотная зависимость выходного напряжения для SS- и DS структур (рисунок 2).

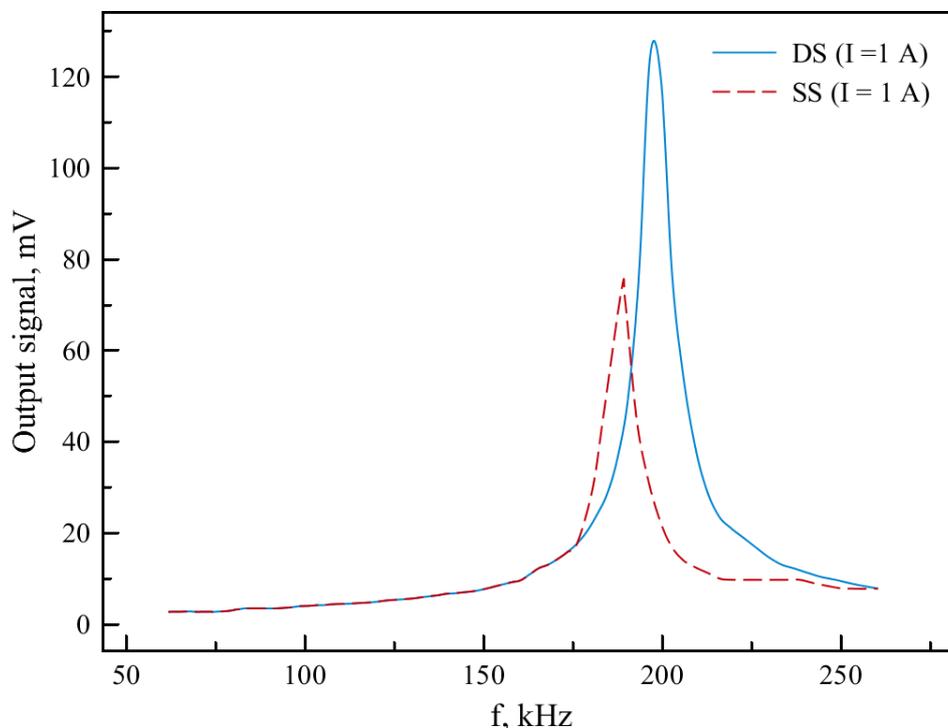


Рисунок 2 – Зависимость выходного напряжения от частоты подаваемого сигнала при постоянном токе 1 А для SS- и DS структур

Из рисунка видно, что выходной сигнал DS структуры в момент резонанса $U_{out} = 124,2$ мВ почти в 2 раза (в 1,7 раз) превышает выходной сигнал у SS структуры $U_{out} = 73,5$ мВ. При этом при переходе от SS к DS структуре резонансная частота сдвигается вправо с 188,7 до 196,6 кГц.

Заключение

Из данного экспериментального исследования можно сделать вывод, что в зависимости от увеличения объёмной доли магнестрикционного материала в тороидальной МЭ структуре наблюдается сдвиг резонансной частоты и увеличение выходного напряжения.

Список литературы

1. Бичурин М.И., Петров В.М., Беличева К.В. Магнитоэлектрический эффект в области электромеханического резонанса в трехслойных магнестрикционно-пьезоэлектрических структурах // Вестник НовГУ, Сер.: Техн. науки, 2016, № 4(95). С. 13-16.
2. Bichurin M.I., Filippov D.A., Petrov V.M., et al. Resonance magnetoelectric effects in layered magnetostrictive-piezoelectric composites // Phys. Rev. B. 2003. V.68. P.132408 (1-4).

3. Bichurin M.I., Viehland D. Magnetolectricity in Composites. Pan Stanford Publishing Pte. 2012. P. 273.
4. Palneedi H., Annapureddy V., Priya S., Ryu J. Status and Perspectives of Multiferroic Magnetolectric Composite Materials and Applications. 2016. P. 2-3.
5. Bichurin M.I., Petrov V.M., Petrov R.V., Tatarenko A.S. Magnetolectric Composites. Pan Stanford Publishing Pte. 2019. P. 280.