

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ.

Одним из перспективных путей создания датчиков физических величин с широким частотным диапазоном, устойчивых к значительным механическим и электрическим нагрузкам, к воздействиям высоких температур и высоких уровней радиации, является использование объемных и многослойных композиционных магнитоэлектрических (МЭ) материалов [1]. Керамическая технология изготовления композиционных МЭ материалов обуславливает их низкую стоимость по сравнению с монокристаллическими и поликристаллическими материалами.

Основная характеристика МЭ материалов на низких частотах – линейная МЭ константа, которая определяется соотношением:

$$\alpha_E = \frac{E}{H}, \quad (1)$$

где H - внешнее магнитное поле, приложенное к МЭ образцу, E - электрическое поле, индуцированное посредством МЭ взаимодействия.

Линейная МЭ константа композиционного МЭ материала может быть определена на основе решения уравнений эластостатики и электростатики [2].

Проведенные расчеты показывают, что для увеличения МЭ констант необходимо использовать ферритовый компонент с максимальной магнитострикцией и малой намагниченностью насыщения, а сегнетоэлектрический компонент - с большими пьезоэлектрическими коэффициентами.

На основе проведенных расчетов разработаны конструкции датчиков постоянного магнитного поля (рис.1).

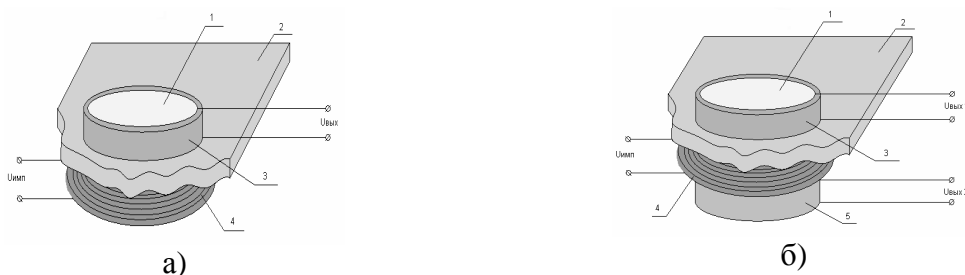


Рис.1. Датчики постоянного магнитного поля:
а) одноэлементный датчик, б) двухэлементный датчик с расширенным диапазоном измерения постоянного магнитного поля.

1. Электроды МЭ материала. 2. Подложка. 3. МЭ материал.
4. Подмагничивающая катушка. 5. МЭ материал.

Основу датчика постоянного магнитного поля (рис 1а) составляет диск из многослойного композиционного МЭ материала, на торцы которого нанесены электроды, служащие для измерения напряжения, индуцированного в результате МЭ взаимодействия. МЭ материал помещается на подложку, на обратной стороне которой сформирована подмагничивающая катушка, создающая импульсное магнитное поле. При помещении такого датчика в постоянное магнитное поле и при подаче на подмагничивающую катушку импульса тока на электродах МЭ материала возникал импульс напряжения, пропорциональный величине измеряемого постоянного поля. Для расширения диапазона измеряемых постоянных магнитных полей был применен датчик с двумя чувствительными МЭ элементами с различным содержанием пьезокерамики (рис.1б). Применение двух МЭ элементов для измерения магнитного поля позволило расширить диапазон измеряемых полей в два раза по сравнению с одноэлементным датчиком.

Датчик переменного магнитного поля отличается от датчика постоянного магнитного поля тем, что вместо катушки устанавливается постоянный магнит. МЭ элемент находится в поле постоянного магнита. При помещении такого датчика в переменное магнитное поле на обкладках МЭ элемента будет возникать переменное напряжение, пропорциональное амплитуде измеряемого переменного поля.

Расчет параметров датчиков магнитного поля проведен методом эквивалентных схем. В результате получено выражение описывающее выходное напряжение датчика. Из анализа полученных выражений следует, что на выходное напряжение датчика будут оказывать влияние сопротивление нагрузки и параметры самого МЭ образца.

При расчетах и проведении экспериментального исследования МЭ датчиков магнитных полей более удобной величиной является ЭДС датчика:

$$e = \alpha_E \cdot H \cdot d = K_H \cdot H. \quad (2)$$

Анализ формулы (2) показывает, что для увеличения чувствительности датчиков магнитного поля необходимо использовать МЭ материалы с большой линейной МЭ константой. Также для увеличения чувствительности можно увеличивать толщину МЭ материала, используемого в датчике.

Для датчиков магнитного поля применялись многослойные материалы в форме дисков диаметром 4...5 мм, толщиной 0,4...1 мм, состава феррит никеля - ЦТС, количество слоев от 14 до 22. Все материалы были предварительно поляризованы.

Был разработан ряд образцов датчиков магнитного поля и проведены измерения их параметров. Полученные значения соответствуют расчетным. Чувствительность разработанных датчиков не менее 1 мВ/Э. Диапазон измеряемых магнитных полей датчика постоянного магнитного поля 1600 Э, переменного 600 Э и двухэлементного

датчика 3600 Э. Рассмотрены основные требования к параметрам МЭ материалов, применяемых в диапазоне низких частот.

1. Bichurin M. I., Petrov V. M., Petrov R. V., Kiliba Y.V., Bukashev F. I., Smirnov Yu., Eliseev D. N. Magnetolectric Sensor of Magnetic Field // *Ferroelectrics*, 2002. V. 280, p. 199–202.
2. Bichurin M. I., Petrov V. M. Srinivasan G. Theory of Magnetolectric Effects in Ferromagnetic Ferroelectric layer Composites // *J. Appl. Phys*, 2002. V. 92, 12, p. 7681.