

ОТЗЫВ
на автореферат диссертации Турутина Андрея Владимировича
«Магнитоэлектрический эффект в композитных мультиферроиках на основе
бидоменных кристаллов ниобата лития »,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Актуальность

Интерес к композитным мультиферроикам связан, в первую очередь, с возможностью изготовления на их основе устройств, обладающих уникальными свойствами, таких как микроволновые фазовращатели, электронно-настраиваемые СВЧ-резонаторы и линии задержки, системы сбора бросовой тепловой энергии, МЭ энергонезависимая память, микромеханические МЭ антенны, МЭ гираторы и сверхчувствительные сенсоры магнитных полей.

Слоистые МЭ композиты, содержащие параллельные друг другу механически связанные магнитострикционные и ПЭ слои, способны генерировать большой электрический сигнал в ответ на слабые изменения внешнего магнитного поля. Одним из наиболее перспективных и близких к практической реализации направлений является создание на основе композитных мультиферроиков высокочувствительных сенсоров сверхслабых магнитных полей. Отсутствие необходимости охлаждения таких сенсоров является значительным техническим преимуществом перед безальтернативно применяемыми сейчас для этих целей сверхпроводящими квантовыми интерферометрами (СКВИДами).

Такой чувствительности достаточно для детектирования магнитных полей, индуцируемых токами α -ритма головного мозга с амплитудами в единицы пТл (магнитоэнцефалография) и токами, протекающими в сердце человека (магнитокардиография).

Одним из перспективных подходов к получению больших коэффициентов преобразования энергии магнитного поля в электрический сигнал является использование ПЭ монокристаллов со средними по величине значениями пьезомодулей, но с низкими механическими и диэлектрическими потерями. Интересным вариантом для этой цели являются монокристаллы классических 180° -ных сегнетоэлектриков, таких как ниобат лития (LiNbO_3 , LN) и танталат лития (LiTaO_3 , LT). Эти материалы демонстрируют превосходную температурную стабильность, имеют высокие температуры Кюри (1140°C у LN и 620°C у LT), не обладают ползучестью и механоэлектрическим гистерезисом.

Известно, что асимметричные двухслойные системы, содержащие механоэлектрический преобразователь биморфного типа, показывают особенно большие МЭ коэффициенты при изгибном резонансе. При этом для значительного увеличения МЭ эффекта на низких частотах можно закреплять биморф в виде консоли. Кроме увеличения чувствительности на низких частотах и повышения МЭ коэффициента, такая конфигурация способна частично компенсировать вибрационные и тепловые шумы. С этой точки зрения преимуществом LN и LT является возможность получения на их основе монокристаллических биморфов, не содержащих клеевого слоя или межкристаллитной границы, за счет создания встречно поляризованных сегнетоэлектрических бидоменных структур типа «голова-к-голове» и «хвост-к-хвосту».

Бидоменные кристаллы получают с помощью импульсного инфракрасного отжига, сопровождающегося возникновением в объеме образца заданного градиента температуры

и, как следствие, внутреннего электрического поля, поляризующего домены навстречу друг другу. Применение бидоменного кристалла в качестве ПЭ части композитного мультиферроика исключает потери, связанные с границей спекания или склеивания в ПЭ материале. Для того, чтобы увеличить чувствительность МЭ композитных мультиферроиков к сверхслабым низкочастотным магнитным полям, в настоящей работе было предложено использовать бидоменные кристаллы LN, соединенные с магнитострикционными слоями метгласа (аморфного металлического сплава) для создания композитных мультиферроиков.

Метглас был выбран по нескольким причинам: высокое значение пьезомагнитного коэффициента, низкое поле насыщения магнитострикции, коммерческая доступность, потенциал миниатюризации (возможность создания тонких плёнок данного материала методом магнетронного распыления или лазерной абляции). Для увеличения МЭ эффекта можно использовать низкочастотный изгибный электромеханический (ЭМ) резонанс композитных структур. Анизотропия свойств бидоменных кристаллов LN также имеет большой потенциал для увеличения МЭ эффекта в композитных мультиферроиках.

Новизна

- Впервые в качестве ПЭ слоя в композитном мультиферроике использованы бидоменные кристаллы LN. – Разработана теоретическая модель расчёта МЭ коэффициента для композитных структур на основе моно- и бидоменных кристаллов LN / метгласа. Установлено, что МЭ коэффициент выше в композитных мультиферроиках на основе бидоменных кристаллов.
- Применение в композитном мультиферроике в качестве ПЭ слоя бидоменных кристаллов LN позволяет достигать высокой чувствительности к магнитным полям на низких частотах изгибного резонанса. – В композитных мультиферроиках на основе бидоменных кристаллов LN у+140°-среза / метгласа получен гигантский МЭ коэффициент 1704 В/(см·Э). Достигнута рекордная чувствительность к переменному магнитному полю среди композитных мультиферроиков, которая составила 92 фТл/Гц^{1/2} при комнатной температуре на частоте резонанса 6862 Гц.
- Разработан и запатентован МЭ сенсор в форме камертона на основе бидоменного кристалла LN у+128°-среза / метгласа.
- Установлено, что применение МЭ сенсора с чувствительным элементом, выполненным в форме камертона, позволяет увеличить чувствительность к магнитному полю на резонансной частоте в 6,7 раза по сравнению с единичным МЭ датчиком. На резонансной частоте спектральные плотности магнитного шума составляли 3 пТл/Гц^{1/2} и 20 пТл/Гц^{1/2} для МЭ камертона и единичного МЭ сенсора, соответственно. Усиление шумоподавления на нерезонансных частотах составляло от 7 до 25 раз для МЭ камертона в сравнении с единичным МЭ датчиком.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современного технологического и исследовательского оборудования, а также обсуждением результатов работы научным сообществом на научных конференциях и в опубликованных статьях.

Замечания

1. В расчете шумов учитывается только тепловой шум, целесообразно добавить при расчете и другие типы шумов для определения порога выходного сигнала при детектировании малых магнитных полей.

Однако указанное замечание не снижает ценности диссертационной работы. Диссертационная работа представляется законченной научно-квалификационной работой, имеет важное фундаментальное и практическое значение, удовлетворяет всем критериям Положения «О порядке присуждения ученых степеней», а Турутин А.В. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Заместитель генерального директора
по науке и инновациям АО «НИИ «Элпа»
кандидат физико-математических наук
по специальности 01.04.07



Дайнеко А.В.

Адрес: 124460, Зеленоград, Панфиловский проспект, д. 10

Телефон: 8-499-710-1255

Адрес электронной почты: ddd@elpapiezo.ru

Подпись Дайнеко А.В. заверяю

Начальник отдела кадров АО «НИИ «Элпа»



Жукова С.А.

Я, Дайнеко Андрей Владимирович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации и их дальнейшей обработкой.