

Отзыв
официального оппонента на диссертацию
Маничевой Ирины Николаевны
«Магнитоэлектрический эффект в электролитически осажденных
слоистых структурах никель – арсенид галлия и никель – кварц»
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности
01.04.07 – Физика конденсированного состояния

С развитием технологии получения композиционных магнитоэлектрических материалов произошел качественный скачок для создания приборов на основе магнитоэлектрического эффекта, таких как высокочувствительные датчики магнитных полей, переключаемые электрическим полем элементы магнитной памяти, гираторы и др. В настоящее время наибольшее распространение получили слоистые магнитострикционно-пьезоэлектрические композиционные структуры, которые обладают определенными преимуществами по сравнению с объемными композитами, изготавливаемыми по керамической технологии. Однако, к настоящему времени, основной технологией изготовления слоистых композитов является метод склеивания, который сам по себе мало технологичен, структуры, полученные данным способом обладают плохой механической прочностью. Внесение дополнительного клеевого слоя ухудшает добротность структуры, ограничивает температурный диапазон применения приборов. Использование метода электролитического осаждения магнитострикционного материала на пьезоэлектрическую подложку позволяет во многом избежать недостатков, присущим клеевым структурам, поэтому тема диссертационной работы Маничевой Ирины Николаевны, безусловно, является актуальной.

При изготовлении магнитострикционно-пьезоэлектрических композитов в качестве пьезоэлектрика наибольшее распространение получила пьезокерамика на основе цирконата-титаната свинца, поскольку она имеет большое значение пьезоэлектрического модуля. В диссертационной работе Маничевой И.Н. в качестве пьезоэлектриков использовался арсенид галлия и кварц. В отличие от пьезокерамики, данные материалы являются монокристаллами, следовательно, обладают более стабильными параметрами. При изготовлении структур исключается операция предварительной поляризации, что позволяет упростить процесс изготовления. Использование арсенида галлия, вместо пьезокерамики,

позволяет использовать для создания магнитоэлектрических структур хорошо отработанную полупроводниковую технологию и, в перспективе, позволяет надеяться на создание интегральных схем с наличием магнитоэлектрических элементов. Кроме того, монокристаллы арсенида галлия и кварца обладают гораздо большей добротностью, по сравнению с пьезокерамикой, поэтому очевидно, что в резонансной области они будут обладать высокими характеристиками.

Проблемой создания структур методом электролитического осаждения магнитострикционного материала на пьезоэлектрическую подложку является получение толстых слоев металла, обладающих хорошей адгезией к пьезоэлектрической подложке. Величина магнитоэлектрического эффекта максимальна, когда толщина пьезоэлектрика соизмерима с толщиной магнитострикционного слоя. В то же время с увеличением толщины электролитически осажденного слоя ухудшается адгезия между слоями вследствие разницы параметров решеток магнетика и пьезоэлектрика, что приводит к возникновению механических напряжений на границе раздела. В диссертационной работе предложен оригинальный способ уменьшить возникающие механические напряжения с помощью использования буферного слоя из олова. Введение буферного слоя хотя и уменьшает несколько величину эффекта, но зато позволяет создавать слои толщиной 100 мкм, что в конечном итоге приводит к увеличению эффекта по сравнению со структурами без буферного слоя. Следует отметить, что полученные структуры обладали добротностью, в десятки раз превосходящую добротность kleевых структур.

Магнитоэлектрический эффект можно использовать как метод исследования эффектов, связанных с изменениями параметров материала в магнитном поле, в частности, с изменением модуля Юнга. Поскольку полученные структуры имели высокую добротность, то это позволяло очень точно фиксировать изменение резонансной частоты. Поскольку изменение резонансной частоты напрямую связано с изменением модуля Юнга, то это позволило автору работы исследовать так называемый дельта-Е эффект – изменение модуля Юнга в магнитном поле. Автором работы установлено, что в отличие от объемных образцов, у образцов, полученных электролитическим осаждением никеля в области полей 0-120 кА/м наблюдается отрицательный дельта-Е эффект.

Структура диссертационной работы Маничевой И.Н. является весьма традиционной для кандидатских диссертаций. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Во введении четко формулируются необходимые положения, связанные с обоснованием

актуальности темы, научной новизны, цели работы, сформулированы основные задачи работы. За введением следует первая глава, посвященная обзору литературы в которой представлена история развития исследований МЭ эффекта, состояние изучения проблемы на данный момент, обсуждается возможность применения МЭ эффекта в устройствах, работающих на его основе. Вторая глава диссертации посвящена экспериментальному исследованию образцов, технологии изготовления слоистых МЭ структур методом электролитического осаждения никель - арсенида галлия и никель - кварц. В третьей главе диссертации описаны теоретические исследования МЭ эффекта в слоистых композитах. В четвертой главе представлены экспериментальные исследования МЭ эффекта в полученных многослойных структурах никель – арсенид галлия и никель – кварц. В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

К научной новизне диссертации можно отнести, в частности, следующее:

Впервые проведены комплексные исследования магнитоэлектрического эффекта на слоистых структурах никель – арсенид галлия, никель – кварц, полученных методом электролитического осаждения магнитострикционного материала на пьезоэлектрическую подложку.

Теоретически получена и экспериментально подтверждена зависимость величины эффекта от числа осажденных слоев. Показано, что электролитически полученные структуры обладают добротностью в десятки раз превосходящую добротность kleевых структур.

Экспериментально установлено, что электролитически осажденные слои никеля обладают отрицательным дельта-Е эффектом в диапазоне полей 0-120 кА/м.

К практической ценности результатов можно отнести разработку технологии изготовления многослойных магнитострикционно-пьезоэлектрических структур методом электролитического осаждения никеля на пьезоэлектрическую подложку с использованием буферного слоя олова для уменьшения механических напряжений, возникающих на границе раздела.

Обоснованность результатов, полученных соискателем, основывается на согласованности теоретических результатов с данными эксперимента, правильными методиками проведения исследований, совпадением результатов, полученных другими авторами.

С научной точки зрения результаты, полученные в работе, вносят значительный вклад в теорию магнитоэлектрического эффекта и его

применению для создания приборов твердотельной электроники. Основные результаты опубликованы в ведущих научных журналах, цитируются.

Диссертационная работа отличается высоким уровнем осмысления проблемы, глубиной постановки и обоснования общих и частных вопросов. Данная диссертация четко структурирована, материал излагается логично, взвешенно, экспериментальные результаты хорошо интерпретированы.

Библиографический список включает 145 наименований, что свидетельствует о хорошей научной осведомленности соискателя ученой степени.

Однако любое исследование не лишено спорных моментов и недостатков, на которые хотелось бы обратить внимание.

1. В диссертационной работе при электролитическом осаждении использовался только один состав электролитов. Было бы интересно использовать и другие составы и посмотреть, как изменяться результаты.
2. В качестве буферного слоя использовалось олово. Можно было бы попробовать другой материал, например, индий.
3. На графиках, представленных в работе, приведены лишь типичные частотные зависимости магнитоэлектрического коэффициента. Хорошо бы было привести целое семейство зависимостей при различных числах слоев.
4. В тексте диссертации некоторые рисунки приведены с подписями на английском (например, рис.14, стр.71). Было бы желательно их унифицировать. Также значения МЭ коэффициента в некоторых результатах (рис.18, стр.78) представлены в V/A, в то время как большая часть результатов МЭ измерений – в В/см²Э.
5. В диссертации при обсуждении результатов следовало бы также уделить внимание сравнению МЭ характеристик электролитически осажденных образцов с литературными данными по слоистым композитам полученных другими методами (магнетронное распыление, например).

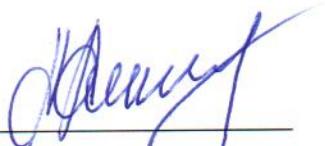
Отмеченные замечания в целом некритичные, не влияют на общее положительное заключение о диссертационной работе.

Считаю, что по новизне, актуальности и научной значимости представленная работа соответствует п.п. 9-14 положения ВАК РФ «О присуждении ученых степеней», а ее автор Маничева Ирина Николаевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-

математических наук по специальности 01.04.07 – Физика
конденсированного состояния.

Официальный оппонент

Старший научный сотрудник
лаборатории новых магнитных материалов,
кандидат физико-математических наук
Амиров Абдулкарим Абдулнатипович


Дата 24.08.2020

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»
236041, г.Калининград,
ул. А.Невского, д.14
8 (401) 259-55-95
amiroff_a@mail.ru

Подпись А.А. Амирова заверяю

и.о. проректора по научной работе
к.ф.-м.н.


Демин Максим Викторович