

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

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

В последнее время с развитием технологий создания композиционных структур исследование магнитоэлектрического (МЭ) эффекта привлекает особое внимание в связи с возможностью создания на его основе принципиально новых устройств твердотельной электроники. С актуализацией перспективы изготовления композиционных мультиферроиков и миниатюризацией устройств, происходит постепенный переход от объемных композитов к слоистым структурам, которые не только не уступают последним, но и обладают рядом значительных преимуществ. Большинство слоистых МЭ структур получены с использованием технологии склеивания, однако данный метод обладает рядом недостатков, таких как: уменьшение добротности структуры, плохая механическая прочность, нежелательно высокая температурная зависимость. Использование метода электролитического осаждения магнитострикционного металла никеля на пьезоэлектрическую подложку из арсенида галлия и кварца достаточно технологично и позволяет осаждать слои магнетика, толщина которых соизмерима с толщиной пьезоэлектрика, когда величина МЭ максимальна. Кроме того, применение арсенида галлия и кварца, которые являются пьезоэлектрическими монокристаллами, исключает операцию предварительной поляризации, необходимую при использовании пьезоэлектрической керамики, что позволяет значительно упростить изготовление слоистых МЭ структур и использовать отлаженную полупроводниковую технологию для создания магнитоэлектрических элементов. В связи с этим **актуальность темы** исследований, представленных в диссертационной работе Маничевой Ирины Николаевны, **не вызывает сомнений**.

В результате проведенных исследований автором был предложен способ уменьшения механических напряжений, возникающих на границе раздела фаз путем введения буферного слоя олова. Многослойные структуры, полученные электролитическим способом осаждения никеля на подложку из арсенида галлия и кварца обладают высокой добротностью, превосходящую добротность лучших образцов, изготовленным клеевым методом.

Наиболее значимые **новые научно-практические результаты** диссертационной работы заключаются, на мой взгляд, в разработке методов формирования слоистых магнитоэлектрических структур, используя электролитическое осаждение магнестрикционного металла на монокристаллические пьезоэлектрические подложки, и анализе их магнитоэлектрической активности. Конкретно результаты состоят в следующем:

1. Разработана и обоснована технология получения многослойных МЭ структур методом электролитического осаждения никеля на подложку из арсенида галлия с использованием олова в качестве буферного слоя.
2. Усовершенствована физико-математическая модель, определен диапазон значений физико-механических параметров магнестрикционных и пьезоэлектрических материалов, когда МЭ коэффициент по напряжению имеет максимальное значение, что подтверждено результатами эксперимента.
3. Трехслойные структуры, полученные электролитическим осаждением никеля на кварцевую подложку, обладают хорошей добротностью, имеют высокое резонансное значение МЭ коэффициента по напряжению, превышающее величину для аналогичных структур, полученных методом склеивания.
4. Установлено, что трехслойные структуры, полученные методом электролитического осаждения никеля на кварцевую подложку, в области магнитных полей от 0 до 120 кА/м обладают отрицательным ΔE -эффектом.

Практическая значимость работы определена разработкой технологии изготовления многослойных магнестрикционно-пьезоэлектрических структур методом электролитического осаждения никеля на пьезоэлектрическую подложку из арсенида галлия с использованием буферного слоя олова, и кварца, обладающих одновременно хорошей

механической прочностью и большим значением МЭ эффекта. Данная технология изготовления защищена патентом на изобретение.

Обоснованность и достоверность результатов, научных положений и основных выводов диссертации не вызывает сомнений и основывается на корреляции полученных экспериментальных и теоретических результатов. Для проведения экспериментальных исследований использовалось современное оборудование, а для проведения теоретического анализа – современные модели. Надежность и обоснованность научных положений, выносимых на защиту, подтверждены независимыми экспертными оценками рецензентов научных журналов, входящих в перечень ВАК РФ, Scopus и Web of Science, в которых опубликованы статьи, содержащие основные результаты работы. Апробация диссертационной работы выполнена на международных научных конференциях.

Материалы, изложенные в диссертационной работе, были представлены на Международных конференциях, подтверждены 12 работами, 7 из которых входят в перечень рецензируемых научных изданий ВАК. Зарегистрированы 2 объекта интеллектуальной собственности (патент на изобретение и программа для ЭВМ).

При всех достоинствах диссертационная работа не лишена некоторых недостатков:

1. В автореферате не приведены частотные зависимости МЭ коэффициента для структур на основе арсенида галлия при электролитическом осаждении никеля с разной толщиной слоев, хотя для структур никель – кварц с различной толщиной слоев никеля они присутствуют;
2. При создании структур был использован только один тип электролита. Возможно, что при использовании другого типа электролита удалось бы получить другие характеристики структур
3. Механические напряжения можно было бы попробовать снять с помощью отжига. К сожалению, в работе об этом ничего не говорится.

Сделанные выше замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Диссертация Маничевой И.Н. является законченной научно-квалификационной работой, ее **основные результаты, выводы и научные положения обладают достоверностью, научной новизной и практической значимостью.** Автореферат и публикации по теме работы в

достаточной степени отражают содержание диссертации, ее основные положения и выводы. Содержание диссертации соответствует формуле паспорта специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Считаю, что по объему, научной новизне, значимости и достоверности диссертационная работа «Магнитоэлектрический эффект в электролитически осажденных слоистых структурах никель – арсенид галлия и никель – кварц» соответствует п.п. 9, 10, 11, 13, 14 требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Маничева Ирина Николаевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

01. 02. 2020 г.

Официальный оппонент

Доктор физико-математических наук,
доцент, профессор кафедры физики
конденсированного состояния
Тверского государственного университета,
Солнышкин Александр Валентинович



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Тверской государственный университет»
170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33.

Тел.: (4822) 58-14-93 (доб. 108); e-mail: Solnyshkin.AV@tversu.ru

*Подпись Солнышкина Александра
Валентиновича заверено
директором по административным вопросам и ИИД
Тверского государственного университета*

