

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Щёголевой Татьяны Валерьевны «Влияние состава, температурных режимов получения и условий эксплуатации на стабильность физических параметров пьезоэлектрической керамики системы цирконата-титаната свинца» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Щёголевой Т.В. посвящена исследованию влияния температурных режимов получения и эксплуатации, стехиометрического состава керамики системы цирконата-титаната свинца (ЦТС) на стабильность её физических параметров. Тема работы является весьма актуальной, так как пьезокерамические материалы системы ЦТС относятся к числу наиболее эффективных сегнетоэлектриков. Одним из важнейших критериев функциональности этих материалов является температурная стабильность характеристик при эксплуатации, позволяющая расширить области применения устройств на их основе.

В результате выполнения работы была усовершенствована технология изготовления, разработан термостабильный пьезокерамический материал и на его основе созданы устройства частотной селекции и датчики, обладающие стабильными электрофизическими характеристиками в диапазоне температур от минус 30 до +85 °С.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитированной литературы из 105 наименований. Оригинальная часть работы изложена в 11 печатных работах, 2 из которых опубликованы в журналах из перечня ВАК. Получено 5 патентов на изобретение и 3 на полезную модель.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, а также сформулированы цель и задачи исследования.

Первая глава содержит обзор литературы по теме диссертационной работы. Рассмотрена классификация современных пьезокерамических материалов. Показано, что температурная стабильность параметров изделий из пьезокерамики является одним из важнейших критериев их функциональности.

Во второй главе дано описание методик исследования пьезоэлектрических и упругих характеристик образцов, а также технологических процессов получения пьезоэлектрической керамики и устройств на её основе. В конце второй главы сформулирована постановка задачи.

В третьей главе представлены результаты аналитических расчётов пьезоэлектрических параметров и моделирования их изменения в диапазоне температур с использованием метода конечных элементов. Рассчитаны параметры пьезоэлементов для пьезокерамических фильтров, работающих в диапазоне частот 450...500 кГц. Получены зависимости частот резонанса и антирезонанса пьезоэлементов от значений диэлектрической проницаемости для двух разных габаритных размеров пьезоэлемента. Показано, что повышение значения диэлектрической проницаемости снижает значение относительного резонансного частотного промежутка.

Четвертая глава посвящена вопросам экспериментального исследования пьезоэлектрических характеристик пьезокерамических материалов состава ЦТС в диапазоне температур от  $-60$  до  $+85$  °С. Показано, что искусственное старение приводит к уменьшению относительной диэлектрической проницаемости, к стабилизации резонансных частот и к уменьшению резонансного промежутка. Это позволяет получить улучшенные значения частоты возбуждения датчиков и оптимизировать их выходные параметры.

Результаты теоретических положений и исследований хорошо согласуются с полученными экспериментальными данными. Это

свидетельствует их достоверности. Большая часть научных результатов получена впервые. Автор успешно справилась с задачами, поставленными в диссертационной работе. К наиболее значимым можно отнести следующие научные результаты.

Предложен способ усовершенствования технологии изготовления частотно-селективного устройства на основе стабильного пьезоматериала, разработаны методы оптимизации технологических процессов в опытном и мелкосерийном производстве термостабильных материалов и устройств на их основе. Установлено, что минимальным относительным отклонением частоты (0,19 %) в диапазоне температур от  $-60$  до  $+85$  °С обладают пьезоэлементы из порошков материала ЦТС-40 полученные при температуре спекания  $1120$  °С. Полученные данные представляют несомненный интерес как для дальнейшего развития теоретических представлений о механизмах формирования электрофизических свойств пьезоэлектриков, так и для развития технологии их изготовления. Изделия на основе термостабильной керамики системы ЦТС внедрены в производство АО «НИИ «Элпа» и поставляются на ряд предприятий.

Работа не лишена некоторых недостатков:

1. Получение керамики ЦТС является отработанным технологическим процессом и обеспечивает воспроизводимость изделий в крупносерийном производстве. По мнению оппонента, в п.2.2. диссертационной работы автор излишне подробно описывает эту технологию.
2. Старение для биморфных элементов выполняли на следующем режиме: температура  $+60$  °С, время 12 часов. В текстах автореферата и диссертации нет объяснения, на основании чего выбрали именно этот режим.
3. Вывод 3 в диссертации и автореферате сформулирован не корректно.
4. На рис. 3.11 и 3.12 (с. 81 и 82 диссертации), рис. 4.1 (а,б) (с. 85 диссертации) отсутствуют подписи осей.
5. В тексте диссертации встречаются стилистические ошибки.

Сделанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают значимость и ценность работы. Автореферат и публикации полностью отражают содержание диссертационной работы, а ее результаты являются хорошо апробированными, они докладывались на всероссийских и международных научных конференциях.

В целом диссертационная работа Щёголевой Т.В. «Влияние состава, температурных режимов получения и условий эксплуатации на стабильность физических параметров пьезоэлектрической керамики системы цирконата-титаната свинца» отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Щёголева Татьяна Валерьевна заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры технологии металлов  
и материаловедения

Тверского государственного технического  
университета, доцент

Афанасьева Людмила Евгеньевна

28 марта 2017 г.

адрес: 170026 г.Тверь, наб. А. Никитина, 22

тел.: (4822)44-57-51, e-mail: common@tstu.tver.ru