

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям,
проф., д.т.н.

М. Р. Филонов

2018 г.



«13» декабря

кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Диссертация «Влияние термомеханических воздействий на структуру и фазовый состав пьезоэлектрических кристаллов семейства лангасита» выполнена на кафедре материаловедения полупроводников и диэлектриков Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» Министерства образования и науки Российской Федерации под руководством кандидата физико-математических наук Кугаенко О.М. в период с 07.2012 по 06.2016 г.г.

В 2012 году Базалевская Светлана Сергеевна окончила ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» с присуждением степени магистра техники и технологии по направлению «Техническая физика», обучалась в аспирантуре ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» с 11.07.2012 по 10.07.2016. Базалевская Светлана Сергеевна работает в должности инженер-технолога на предприятии ОАО «Фомос-материалс» с 2012 года по настоящее время.

Справка № 112 от 07.11.2018 о сдаче кандидатских экзаменов выдана ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» в 2018 году.

Научный руководитель – Кугаенко Ольга Михайловна, кандидат физико-математических наук, сотрудник кафедры Материаловедения полупроводников и диэлектриков НИТУ «МИСиС» по 30.06.2016 г.

Научный консультант – Бузанов Олег Алексеевич, кандидат технических наук, ОАО «Фомос – Материалс» главный научный сотрудник.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

- личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации

Диссертационная работа выполнена на кафедре МППиД «НИТУ «МИСиС» и на предприятии ОАО «Фомос-Материалс». Совместно с сотрудниками ЦКП Научно-исследовательского центра коллективного пользования «Материаловедение и металлургия»,

проведены измерения теплофизических параметров, рентгеноструктурные исследования. Измерения коэффициента термического расширения (КТР) проводили совместно с сотрудниками в лаборатории кафедры металловедения цветных металлов НИТУ «МИСиС». Измерения внутреннего трения проводили на кафедре физики «НИТУ «МИСиС» совместно с профессором Е.К. Наими. Усталостные испытания проводились на установках на фирме Zwick/Roell, г Ульм, Германия, и в НИИ КМ «Прометей», г. Санкт-Петербург, совместно с сотрудниками.

Основные результаты работы были получены автором лично. Исследование, анализ, расчеты и обработка результатов проводились автором лично.

- степень достоверности результатов, проведенных соискателем ученой степени исследований

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением поверенных и калиброванных средств измерений, применением современных и независимых методов обработки экспериментальных данных, согласием с результатами других авторов и непротиворечивостью известным физическим моделям. Достоверность расчетов подтверждается обоснованностью допущений, а также согласованностью с экспериментальными результатами.

- новизна и практическая значимость результатов;

1. Определены оптимальные допустимые термические и механические нагрузки для хрупких пьезоэлектрических кристаллов семейства лангасита, что позволяет увеличить работоспособность пьезоэлектрических элементов на основе этих кристаллов;

2. Определены закономерности изменения структуры и разрушения кристаллов вследствие термомеханических напряжений при термоударе при высоких температурах, что позволило расширить температурный интервал использования кристаллов;

3. Определены температурные зависимости теплофизических параметров и их анизотропии (теплопроводности, удельной теплоемкости, коэффициента термического расширения) при температурах от комнатной до 1000 °С;

4. Впервые определена температурная устойчивость фазового состава кристаллов семейства лангасита при нагреве на воздухе до температуры 1200 °С;

5. Обнаружено влияние возникающих при деформации пьезоэлектрических полей на структуру и на предел выносливости в условиях электрически свободного и электрически зажатого пьезоэлектрического кристалла, что необходимо учитывать при работе элементов в режиме прямого пьезоэффекта;

6. Обнаружено влияние термомеханических воздействий на акустические параметры пьезоэлектрических кристаллов: увеличение коэффициента затухания акустической волны и уменьшение добротности, что связано с энергетическими потерями на дефектах структуры.

7. Разработан чувствительный элемент на основе кристаллов семейства лангасита для применения в масс-чувствительных датчиках при высоких температурах.

- ценность научных работ соискателя ученой степени

1. Впервые в хрупких кристаллах семейства лангасита при комнатной температуре при циклических нагрузках сжатием в кристаллах выявлен механизм пластической деформации, предположительно путем дислокационного скольжения.

2. Впервые обнаружено влияние пьезоэлектрических полей, возникающих при циклических механических нагрузках, на предел выносливости кристаллов при комнатной температуре, при исследованиях в условиях заземления и изоляции исследуемых образцов. Рассчитаны значения пьезоэлектрических полей, возникающих при циклических нагрузках в образцах разной кристаллографической ориентации в условиях изолирования образцов от металлических заземленных пуансонов, достигающие 2,9 МВ/м при нагрузке 7,5 кН, и проанализировано их влияние на деформацию и разрушение кристаллов лангасита. Определен предел выносливости кристаллов при комнатной температуре, при базовом количестве циклов нагружения 10^5 при частотах 100-150 Гц, равный 200 МПа в условиях заземления образцов и 150 МПа в условиях их изоляции.

3. Впервые в основных кристаллографических направлениях кристаллов семейства лангасита в интервале температур от 25 до 1000 °С определены основные теплофизические параметры (удельная теплоемкость, температуропроводность, теплопроводность, коэффициент термического расширения) и температурная зависимость коэффициента их анизотропии, что указывает на необходимость учета анизотропии теплофизических параметров для высокотемпературных применений пьезоэлементов на основе кристаллов или пьезоэлектрических датчиков.

4. Результаты исследования микротвердости, трещиностойкости и коэффициентов их анизотропии на основных кристаллографических срезах монокристаллов семейства лангасита позволяют оптимизировать условия обработки и изготовления пьезоэлементов.

5. Устойчивость фазового состава кристаллов семейства лангасита при нагреве в интервале температур от комнатной до 1200 °С на воздухе и до 1000 °С в вакууме позволяют расширить температурный интервал работоспособности пьезоэлементов на основе кристаллов семейства лангасита.

6. Исследования по теме диссертации механических и термических воздействий на кристаллы семейства лангасита позволяют определять оптимальные условия для эксплуатации пьезоэлементов при высоких температурах и давлениях.

- научная специальность, которой соответствует диссертация;

Выполненная диссертация работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК, к кандидатским диссертациям по научной специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

- полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени)

Материалы диссертации в достаточной степени отражены в 30 работах, опубликованных в отечественных изданиях, в материалах докладов международных и всероссийских конференций. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных журналах:

1) О.М.Кугаенко, В.С.Петраков, **С.С.Уварова**, и др. Пластическая деформация пьезоэлектрических кристаллов лантан-галлиевого танталата при циклических механических воздействиях // «Деформация и Разрушение материалов», - 2012, - №2 – С. 16-21.

2) О.М.Кугаенко, В.С.Петраков, **С.С.Уварова**, и др Основные теплофизические параметры монокристаллов лангасита ($\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$), лангатата ($\text{La}_3\text{Ta}_{0,5}\text{Ga}_{5,5}\text{O}_{14}$) и катангасита ($\text{Ca}_3\text{TaGa}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$) в интервале температур от комнатной до 1000 °С // Известия РАН. Серия физическая, - 2012, - Т. 76 №11– С. 1406-1411

3) О.М. Кугаенко, **С.С. Базалевская**, Т.Б. Сагалова, В.С. Петраков, О.А. Бузанов, С.А.Сахаров Высокотемпературная устойчивость фазового состава кристаллов семейства лангасита/ Известия РАН. Серия физическая, - 2014, - Т. 78, №10 – С. 1322-1329

4) О.М. Кугаенко, **С.С. Базалевская**, В.С. Петраков, О.А. Бузанов, С.А.Сахаров Исследование температурного диапазона работоспособности монокристаллических пьезоэлектрических элементов на основе кристаллов семейства лангасита // Известия РАН. Серия физическая, - 2016, - Т. 80, №10 – С. 1423-1429

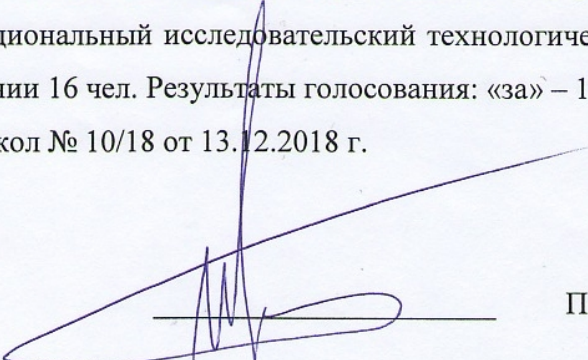
5) О.М. Кугаенко, **С.С. Базалевская**, Е.К. Наими и др Акустические параметры монокристаллов лантан-галлиевого танталата, подвергнутых циклической деформации и термоудару // «Заводская лаборатория. Диагностика материалов», - Москва, - 2018, - Т.84, №11 – С.28-35.

6) Высокотемпературный масс-чувствительный элемент для пьезорезонансных датчиков: пат. 180725 РФ, № 2018102388; 22.01.2018. опубл. 21.06.2018 / Аленков В.В., Базалевская С.С., Забелин А.Н, Сахаров С. А.

Диссертация «Влияние термомеханических воздействий на структуру и фазовый состав пьезоэлектрических кристаллов семейства лангасита» Базалевской Светланы Сергеевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико–математических наук по специальности 05.27.01 – твёрдотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Заключение принято на заседании кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». Присутствовало на заседании 16 чел. Результаты голосования: «за» – 16 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 10/18 от 13.12.2018 г.

Заведующий кафедрой МПид,
д. ф.-м.н., профессор


Пархоменко Ю.Н.