

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе и
информационным технологиям



Балованов В.Н.
(фамилия, имя, отчество – при наличии)

2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего
образования «Ульяновский государственный университет»

(полное официальное название организации в соответствии с уставом)

Диссертация Улучшение метрологических и эксплуатационных характеристик
преобразователей давления на основе структур «кремний на сапфире»
(название диссертации)

выполнена на кафедре Физического материаловедения и НИТИ им. С.П. Капицы
Ульяновского государственного университета

(наименование учебного или научного структурного подразделения)

В период подготовки диссертации соискатель Савченко Евгений Геннадьевич
(фамилия, имя, отчество – при наличии(полностью))

Работал в ООО «Микроэлектронные датчики и устройства»
(полное официальное название организации в соответствии с уставом,

научный сотрудник

(наименование учебного или научного структурного подразделения, должность)

В 2012г. окончил ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет» по
(наименование образовательного учреждения высшего профессионального образования)
специальности магистр по направлению «Физика»
(наименование специальности)

Сдача кандидатских экзаменов соискателем подтверждается соответствующими
справками.

Научный руководитель (консультант) - Стучеников Владимир Михайлович
(фамилия, имя, отчество – при наличии, основное место

ООО «Микроэлектронные датчики и устройства»

работы, полное официальное название организации в соответствие с уставом, наименование структурного

генеральный директор

(подразделения, должность)

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность темы. Развитие систем управления неразрывно связано с
постоянным совершенствованием датчиковой аппаратуры. В области
общепромышленных датчиков давления наибольшее распространение получили

датчики на основе тензометрических преобразователей (ТП) давления. Совершенствование их метрологических и эксплуатационных характеристик, осуществляется за счет улучшения конструкции и технологии, повышения точности и снижения влияния дестабилизирующих факторов, основным из которых является температура. Поэтому тема диссертационной работы Савченко Е. Г., направленная на повышение метрологических и эксплуатационных характеристик тензопреобразователей давления для датчиковой аппаратуры, является весьма актуальной. Использование в работе ТП давления на основе структур «Кремний на сапфире» (КНС) вполне оправдано, поскольку датчики на их основе давно зарекомендовали себя как надёжные изделия, работающие в широком диапазоне условий эксплуатации.

Цель диссертационной работы – совершенствование метрологических и эксплуатационных характеристик преобразователей давления на основе структур «кремний на сапфире» путём оптимизации материалов упругих элементов и их соединения с сапфиром.

Достижение поставленной цели обеспечивалось решением следующих задач:

1. Металлографическое и рентгеноспектральное исследование паяного соединения лейкосапфира с титановым сплавом. Оценка влияния соединительного слоя на метрологические характеристики тензопреобразователей давления.
2. Замена традиционного соединения припоем ПСр72 на пайку аморфным припоем на основе титана. Оптимизация режима пайки и исследование влияния полученного соединения на метрологические и эксплуатационные характеристики преобразователей давления.
3. Исследование свойств металлической упругой мембранны в широком диапазоне температур, подбор оптимального материала, изучение влияния структурного состояния материала мембранны на метрологические и эксплуатационные характеристики преобразователей давления.
4. Изготовление партии преобразователей давления с различными комбинациями припоев и материалов, из которых изготовлена упругая мембра, и исследование характеристик ТП в широком интервале температур.

Научная новизна диссертационной работы характеризуется следующими основными положениями:

1. Впервые экспериментально исследован соединительный слой лейкосапфира с титановым сплавом в ТП давления на основе КНС и показано его существенное влияние на метрологические характеристики

ТП и точность датчиков давления, построенных на основе таких ТП, а следовательно, и на конечную точность систем управления с использованием таких датчиков.

2. Произведено существенное улучшение характеристик ТП путём соединения сапфира с упругой мембраной аморфным припоем на основе титана, а также подобран оптимальный режим пайки.
3. Показано влияние различных материалов мембранны на характеристики ТП и предложены оптимальные сплавы для разных условий эксплуатации.
4. Предложен режим термомеханической обработки, позволяющий значительно улучшить эксплуатационные характеристики ТП, расширив диапазон рабочих температур преобразователей до 350 °C и обеспечив при этом высокие метрологические характеристики. Это в свою очередь приводит к расширению эксплуатационных характеристик систем управления и автоматизации, использующих такие преобразователи.

Практическая значимость работы:

1. Благодаря отсутствию гистерезиса первого нагружения (параметр, который не поддается схемотехнической и программной коррекции) при отрицательных температурах в ТП с усовершенствованным соединением, удалось разработать и освоить выпуск датчиков давления, работающих при криогенных температурах (до -200 °C), а также улучшить характеристики общепромышленных датчиков.
2. Изменённое соединение лейкосапфира с упругой мембраной позволило в 4-7 раз снизить вариацию и гистерезис выходного сигнала ТП, особенно при отрицательных температурах. Это привело к повышению точности датчиков на основе таких ТП.
3. Разработаны ТП и датчики давления на основе КНС, работающие до температуры 350 °C, для измерения давления расплавов полимеров и эталонные датчики давления с точностью 0,01-0,05%. Эти приборы освоены в серийном производстве ПГ МИДА.
4. Разработан и опробован процесс термомеханической стабилизации ТП. Процесс позволяет значительно улучшить эксплуатационные и метрологические характеристики ТП.

Реализация результатов работы. Полученные научные и практические результаты были использованы в ООО «Микроэлектронные датчики и устройства» (ООО МИДАУС) г. Ульяновск при разработке и производстве ТП и датчиков давления МИДА. Новое соединение сапфира с титановым сплавом, применённое на основании исследований, внедрено в ООО МИДАУС в разработанных и освоенных в производстве датчиках давления МИДА-12П, МИДА-13П и МИДА-15, начиная с 2015 г. Также по результатам исследований в

производство внедрен процесс термомеханической стабилизации тензопреобразователей, что позволило изготавливать приборы, стабильно работающие при повышенных температурах (вплоть до 350 °C).

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы, научные и практические результаты исследований были представлены и получили положительную оценку на XV Международной научной конференция "Опто-, наноэлектроника, нанотехнологии и микросистемы" (г. Ульяновск, 2012), 9-й международной научно-практической конференции «Наука и техника – 2013» (Польша, г. Пшемысьль, 2013), 26-й всероссийской научно-технической конференции «Вакуумная техника и технологии - 2019» (г. Санкт-Петербург, 2020 г.), 27-й всероссийской научно-технической конференции «Вакуумная техника и технология - 2020» (г. Санкт-Петербург, 2020 г.).

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано 15 печатных работ, в том числе 8 статей в журналах из перечня российских рецензируемых научных журналов по списку ВАК, 2 статьи в журналах, индексируемых в SCOPUS.

Публикации в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ

1. Савченко, Е. Г. Пайка чувствительных элементов в преобразователях давления на основе структур «кремний на сапфире» / Е. Г. Савченко, В. М. Стучебников // Сварочное производство. – 2013 – №1. – С. 23-25.
2. Савченко, Е. Г. Керамические упругие элементы в тензопреобразователях давления на основе структур «кремний на сапфире» / Е. Г. Савченко, В. В. Светухин, В. М. Стучебников // Датчики и системы. – 2013. – №1. – С. 23-25.
3. Савченко, Е. Г. Гистерезисные явления в преобразователях давления на основе структур КНС / Е. Г. Савченко, В. М. Стучебников, А. А. Устинов // Приборы. – 2015 – № 2. – С.30-35.
4. Савченко, Е. Г. Особенности проектирования высокотемпературных тензопреобразователей давления на основе структур КНС / Е. Г. Савченко, В. М. Стучебников, А. А. Устинов // Приборы. – 2016 – № 3. – С.1-7.
5. Савченко, Е. Г. Гистерезис первого нагружения в преобразователях давления на основе структур КНС / Е. Г. Савченко, В. М. Стучебников // Датчики и системы. – 2017. – №7. – С. 23-29.
6. Савченко, Е. Г. Влияние структурного состояния титановой мембранны на характеристики преобразователей давления на основе структур «кремний

на сапфире» / Е. Г. Савченко, В. М. Стучебников // Приборы. – 2020 – № 3. – С.11-16.

7. Савченко, Е. Г. Система для поверки средств измерения давления на основе эталонных датчиков МИДА / Е. Г. Савченко, В. М. Стучебников // Бурение и нефть. – 2020. – №7-8. – С. 40-42.
8. Савченко, Е. Г. Датчики давления для криогенных сред / Е. Г. Савченко, В. М. Стучебников // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы – 2020. – №4. – С. 43-48.

Публикации в других изданиях

1. Савченко, Е. Г., Управление характеристиками преобразователей давления на основе структур «кремний на сапфире» / Е. Г. Савченко, В. М. Стучебников // Techniczne nauki. Fizyka.: Przemyśl. Nauka I studia. – 2013. – С. 25-29.
2. Brazing of sensitive elements for pressure transducers with the «silicon on sapphire» structure / V.M. Stuchebnikov, Y.G. Savchenko // Welding International. – 2014. – Т.28. – Р. 62-64. (Scopus Index)
3. Васьков, Ю. А. Высокоточные цифровые датчики абсолютного давления МИДА-ДА-15-Э на основе структур «Кремний на сапфире» / Ю. А. Васьков, Е. Г. Савченко, В. М. Стучебников // Вакуумная техника и технологии – 2019. Труды 26-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием.– 2019 – Т.29. – №2. – С. 24-26.
4. Савченко, Е. Г. Специальные датчики давления промышленной группы МИДА / Е. Г. Савченко, В. М. Стучебников // Журнал «ИСУП». – 2020 – №3. – С. 31-33.
5. Савченко, Е. Г. Цифровые датчики давления МИДА на основе структур «кремний на сапфире» / Е. Г. Савченко, В. М. Стучебников // Журнал «ИСУП». – 2020 – №6. – С. 29-31.
6. Васьков, Ю. А. Эталонные датчики абсолютного давления МИДА-ДА-15-Э для вакуумной техники / Ю. А. Васьков, Е. Г. Савченко, В. М. Стучебников // Вакуумная техника и технологии – 2020. Труды 27-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – 2020 – Т.29. – №2. – С. 24-27.
7. Vaskov, Y. A. Standard absolute pressure transducers MIDA-SA-15-S for vacuum equipment / Vaskov Y. A., Savchenko Y.G, Stuchebnikov V.M. // Journal of Physics: Conference Series». – 2021 – Volume 1799. (Scopus Index)

Краткая характеристика соискателя.

Савченко Е.Г. с 2010 года работает в ООО «Микроэлектронные датчики и устройства», последовательно занимая должности: инженер-исследователь, научный сотрудник, а с 2018 года работает исполняющим обязанности начальника научно-исследовательской лаборатории. За время работы неоднократно принимал участие в выполнении хоздоговорных ОКР и НИР в качестве ответственного исполнителя. С 2012 по 2016 гг. Савченко Е.Г. обучался в аспирантуре УлГУ по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

За время работы Савченко Е.Г. проявил себя как высокопрофессиональный исследователь и разработчик тензорезисторных преобразователей и датчиков на их основе.

Диссертация Улучшение метрологических и эксплуатационных характеристик преобразователей давления на основе структур «кремний на сапфире»
(название диссертации)

Савченко Евгения Геннадьевича

(фамилия, имя, отчество – при наличии)

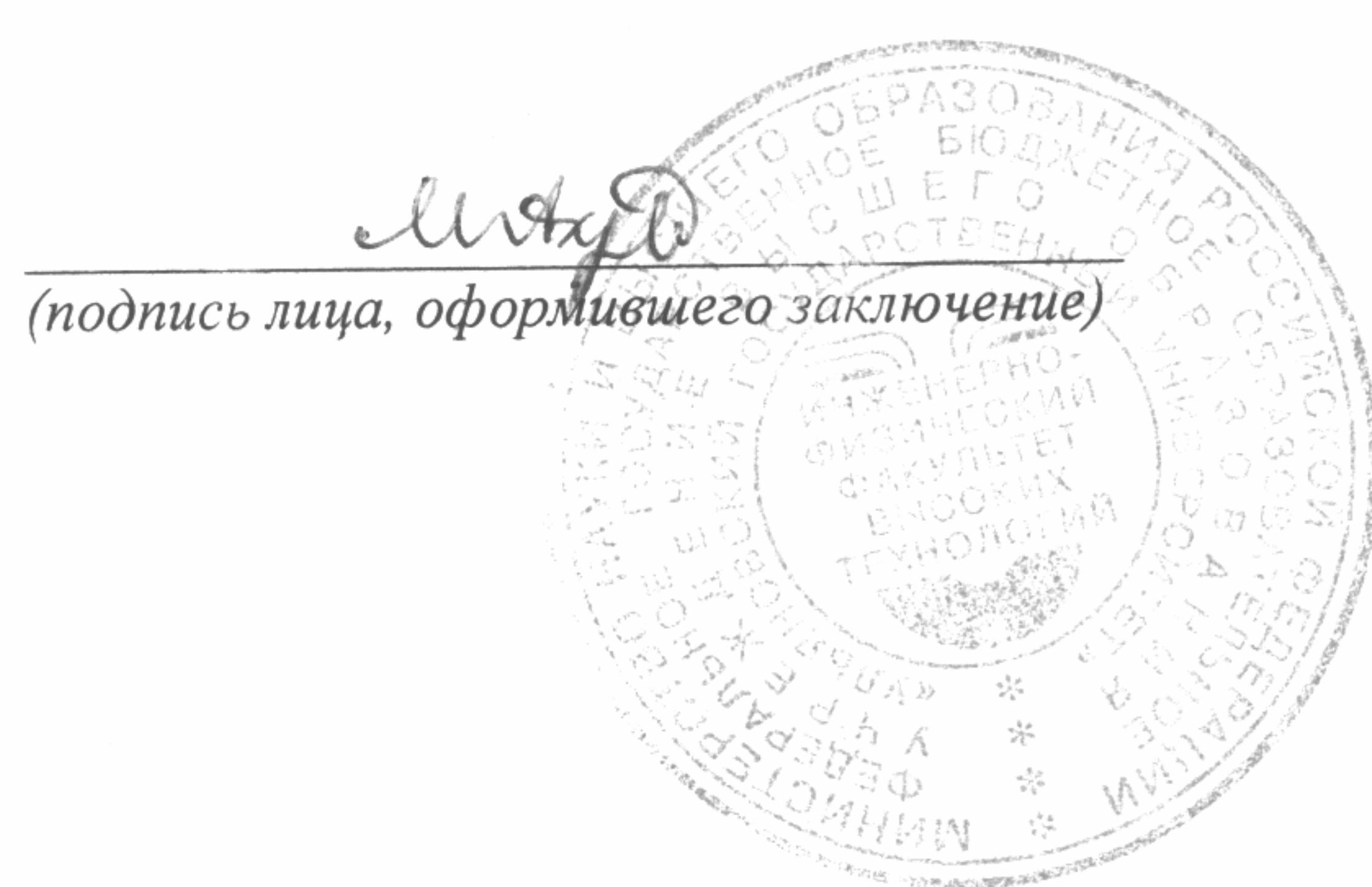
Рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности технические науки
(отрасль науки)

05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»
(шифр(ы) и наименование специальности(ей) научных работников)

Заключение принято на расширенном заседании кафедры Физического материаловедения Инженерно-физического факультета высоких технологий ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»
(наименование структурного подразделения организации)

Присутствовали на заседании 15 чел. Результаты голосования:

«за» - 15 чел., «против» - 0 чел., «воздержались» - 0 чел., протокол № 10
от «28» мая 2021 г.



(подпись лица, оформившего заключение)

Махмуд-Ахунов Марат Юсупович, к.ф.-м.н.,
доцент кафедры Физического
материаловедения Инженерно-физического
факультета высоких технологий ФГБОУ ВО
«Ульяновский государственный университет»
(фамилия, имя, отчество – при наличии, ученая степень, ученое
звание, наименование структурного подразделения, должность)