

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

УДК 54.084

Дашкевич  
Антон Дмитриевич

**НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА РЕЗИСТИВНЫХ И  
ЕМКОСТНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ВЕНТИЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ  
И ИХ ОКСИДОВ**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
магистерской диссертации на соискание степени  
магистра технических наук

по специальности 1-41 80 01 «Микро- и наноэлектроника»

Научный руководитель  
кандидат техн. наук, доцент  
Короткевич А. В.

Минск 2022

## **ВВЕДЕНИЕ**

Анализ современного состояния в области техники новых поколений и «критических» технологий в ряде наиболее развитых стран позволяет сделать заключение о том, что с начала 90-х годов наиболее бурно развивающимся глобальным научно-техническим направлением является «микросистемная техника». В рамках данного направления создаются миниатюрные вычислительные и исполнительные системы, в основе функционирования которых лежит активное использование классических принципов схемотехники, электротехники и микроэлектроники, интегрируемых в конструктивные решения на микроуровне с широким использованием материаловедческой и технологической баз микро- и оптоэлектроники, а в последнее время и биотехнологии. Широко используется микросистемная техника для низкотемпературных применений. Данная работа посвящена разработке исследовательского комплекса для работы с криостатом и исследованию основополагающих свойств электронных компонентов.

### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

#### **Актуальность темы исследования**

Анализ современного состояния в области техники новых поколений и «критических» технологий в ряде наиболее развитых стран позволяет сделать заключение о том, что с начала 90-х годов наиболее бурно развивающимся глобальным научно-техническим направлением является «микросистемная техника». В рамках данного направления создаются миниатюрные вычислительные и исполнительные системы, в основе функционирования которых лежит активное использование классических принципов схемотехники, электротехники и микроэлектроники, интегрируемых в конструктивные решения на микроуровне с широким использованием материаловедческой и технологической баз микро- и оптоэлектроники, а в последнее время и биотехнологии. Широко используется микросистемная техника для низкотемпературных применений. Данная работа посвящена разработке исследовательского комплекса для работы с криостатом и исследованию основополагающих свойств электронных компонентов.

Актуальность исследования обусловлена интенсивным уровнем развития криоэлектроники и понижению порога вхождения для работы в этом направлении.

#### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертации исследование низкотемпературных свойств резистивных и емкостных структур на основе вентильных металлов и их оксидов.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

–разработать алгоритм измерения температуры с помощью установленных в криостат термопар;

–разработать программно-аппаратный комплекс для контроля температуры на кювете криостата и автоматизировать измерение исследуемых образцов;

–провести тестирование готового комплекса на точность измерения температуры, электрического сопротивления и емкости;

–провести исследования низкотемпературных свойств резистивных и емкостных структур на основе вентильных металлов и их оксидов.

**Объектом** низкотемпературные исследования с использованием криостата.

**Предметом** работы выступают резистивные и емкостные структуры на основе вентильных металлов и их оксидов.

**Область исследования.** Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-41 81 03 «Нанотехнологии и наноматериалы».

**Информационная база** исследования низкотемпературных свойств резистивных и емкостных структур на основе вентильных металлов и их оксидов сформирована на основе экспериментальных данных.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в разработке методов исследования резистивных и емкостных структур, а также результаты исследования низкотемпературных свойств резистивных и емкостных структур на основе вентильных металлов и их оксидов.

#### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Метод и технология исследования низкотемпературных свойств резистивных и емкостных структур.

**Теоретическая значимость** диссертации заключается в том, что в ней предложен подход к исследованиям и анализу воздействия факторов НТП на темпы экономического роста стран, заимствующих технологии, позволяющий детально исследовать процесс технологической диффузии. Представлена экономико-математическая модель, демонстрирующая каналы влияния диффузии технологий на темпы экономического роста страны-технологического последователя и условия эффективности их функционирования.

**Практическая значимость** диссертации состоит в том, что на основе предложенной конструкции измерительного комплекса и методах исследования возможно изучение основополагающих свойств электронных компонентов различных систем при криогенных температурах.

#### **Апробация и внедрение результатов исследования**

Результаты исследования были неоднократно представлены на NDTCS-2021 (Nano-Design, Technology, Computer Simulations), APSSP-2021 (Actual

Problems of Solid State Physics) конференциях.

**Публикации.** Основные положения работы и результаты диссертации изложены в двух опубликованных работах общим объемом 0,35 п.л. (авторский объем 0,2 п.л.).

**Структура и объем работы.** Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 55 страниц. Работа содержит 23 рисунки и 1 таблицу. Библиографический список включает 39 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы необходимости разработки методов низкотемпературных исследований, имеющих простоту повторяемости, высокую надежность, определены основные направления исследований, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В **первой главе** рассматриваются существующие структуры работающие при криогенных температурах, а также описаны методики достижения криогенных температур при исследованиях и производстве.

Во **второй главе** приведена разработка измерительного комплекса методика калибровки и методы измерения свойств резистивных и емкостных структур методика проведения исследования и его результаты, анализ полученных данных и выводы.

В **третьей главе** представлена методика проведения исследования и его результаты, анализ полученных данных и выводы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были обзорно рассмотрены основные направления криогеники и криоэлектроники, приведены некоторые примеры криогенных электронных устройств, а также способы достижения и поддержания криогенных температур.

Был проведен обзор гелиевого криостата для низкотемпературных исследований, приведены его характеристики, основные параметры, конструкционные составляющие и принцип работы.

Далее на основе обзора криостата были сформулированы задачи, поставленные перед измерительным комплексом. Измерительный комплекс должен иметь возможность измерять минимальную температуру, достигаемую в криостате при использовании в роли хладагента жидкого азота (77 К), точность должна быть не сильно меньше  $\pm 0.2$  К, возможность точного контроля мощности подаваемой на нагреватель с мощностью в 30 Вт. Также должна быть возможность выводить данные с измерителя в цифровом виде с привязкой ко времени.

Была разработана блок-схема измерительного комплекса. После ее согласования с руководителем дипломной работы, на ее основании была разработана электрическая принципиальная, выбраны компоненты и модули, соответствующие поставленным задачам. По окончании приобретения необходимых компонентов был собран контрольно-проверочный стенд, повторяющий электрическую-принципиальную схему. На его основе была написана операционная система для основного микропроцессора и адаптирован алгоритм снятия параметров электронных компонентов. После окончания программирования проводилась проверка работоспособности и калибровка устройства. По окончании калибровки был проведен монтаж электронных компонентов и модулей на печатную плату и проведена окончательная проверка и калибровка измерительного комплекса.

Далее с помощью изготовленного измерительного комплекса были проведены исследования свойств резистивных и емкостных структур на основе вентильных металлов и их оксидов, проведен анализ результатов и сделаны выводы по исследованию предоставленных образцов.

### Список опубликованных работ

1. Biran S.A, Korotkevich D.A., Garifov K.V., Dashkevich A.D. Influence of radiation exposure on the properties of dielectric layers based on anodic aluminum oxide. Doklady BGUIR. 2021; 19(8): 67-70.

2. Биран С.А., Короткевич А.В., Короткевич Д.А., Гарифов К.В., Дашкевич А.Д. Модифицирование параметров МЭМС на основе анодного оксида алюминия // XXV Международная научно-методическая конференция «Современные средства связи»: материалы конференции / отв. ред. А.О. Зеневич. – Минск: Белорусская государственная академия связи, 2020. - С. 79-80.

Библиотека БГУИР