

Дир. заочн. 2015 набор

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по научной  
и инновационной работе

В.Г. Прокошев

« 01 » 09 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ,  
МИКРО- И НАНО-ЭЛЕКТРОНИКА, ПРИБОРЫ НА КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТАХ**

Направление подготовки **11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи**

Профиль/программа подготовки **05.27.01 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нано-электроника, приборы на квантовых эффектах**

Уровень высшего образования – **подготовка кадров высшей квалификации**

Форма обучения – **заочная**

Год обучения	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРА, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
3	3 / 108	18	-	-	54	Экзамен 36 час.
Итого	3 / 108	18	-	-	54	Экзамен, 36час.

Владимир 2015

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью освоения дисциплины является систематизация знаний, умений и навыков в процессе подготовки к сдаче экзамена кандидатского минимума по профилю подготовки (специальной дисциплине).

Курс способствует системному формированию представлений о профильной научной специальности, областях исследования, проблемах и задачах, связанных с разработкой научных основ, физических и технических принципов создания и совершенствования микроэлектронных приборов, компонентов, изделий.

Основным содержанием предметной области являются научные и технические исследования и разработки в области физики, схемотехники, конструкции, технологии, моделирования, измерения характеристик, испытания, применения указанных приборов, компонентов, изделий.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1 цикла обучения. «Входные» компетенции формируются при изучении предшествующих курсов блока 1, в процессе прохождения практик блока 2 и выполнения научных исследований блока 3. Проверка «входных» компетенций осуществляется также в процессе вступительных испытаний поступающих в аспирантуру.

Формируемые в процессе изучения курса компетенции используются в рамках блока 4 при подготовке к сдаче государственного экзамена и представлении научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими универсальными (УК), общепрофессиональными (ОПК) и профессиональными (ПК) компетенциями в части базовых знаний, необходимых в дальнейшем для решения практических задач в интересах конкретных работодателей:

УК-1 - способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

УК-2 - способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;

УК-3 - готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;

УК-4 - готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках;

УК-6 - способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития;

ОПК-1 - владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности;

ОПК-2 - владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий;

ПК-1 - способность ставить задачи исследования, формировать план его реализации с выбором эффективных методов, разработкой методик и программ экспериментальных исследований;

ПК-2 - способность проектировать программно-аппаратные комплексы контроля и испытаний современной электронной компонентной базы;

ПК-3 - способность выполнять моделирование процессов и объектов и проводить обработку результатов экспериментов с использованием имеющихся средств исследований;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) **Знать:** основные проблемы в предметной области обеспечения качества электронных средств различного назначения, перспективы, пути и средства их решения (ОПК-1) с обоснованной оценкой постановки задач исследования (ПК-1), а также знать принципы и правила участия в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3), включая использование современных методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4).
- 2) **Уметь:** проектировать и осуществлять комплексные исследования (УК-2), осуществлять проектирование и организовать изготовление программно-аппаратных комплексов контроля и испытаний современной электронной компонентной базы (ПК-2), разрабатывать программы и методики экспериментальных исследований с использованием имеющихся средств исследований (ПК-1, ПК-3) и современных информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- 3) **Владеть:** способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач (УК-1), культурой научного исследования (ОПК-2), навыками моделирования процессов и объектов в предметной области, планирования и реализации теоретических и экспериментальных научных исследований в составе коллектива исследователей, включая организацию «мозговых штурмов» при генерации новых идей (ОПК-1, ПК-3) и способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Год обучения	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов, и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРА	КП / КР		
Год обучения 3											
1	Физика полупроводников и полупроводниковых приборов	3		2				6			
2	Приборы твердотельной	3		2				6			

	электроники и микроэлектроники									
3	Технология микроэлектроники и твердотельных приборов	3	2				6			Реферат
4	Моделирование, испытания, надежность приборов твердотельной электроники, радиоэлектроники и изделий микро и наноэлектроники	3	2				6			
5	Программно-аппаратные комплексы входного контроля электронной компонентной базы.	3	2				6			Обзор с элементами классификации
6	Радиоэлектронные компоненты	3	2				6			
7	Физические эффекты в малоразмерных твердотельных структурах	3	2				6			
8	Приборы наноэлектроники и методы их изготовления,	3	2				6			

9	Основные принципы создания приборов на квантовых эффектах	3	2			6			Доклад на семинаре кафедры
Всего 108 час., в т.ч.			18			54			Экзамен, 36 час.

### **Физика полупроводников и полупроводниковых приборов**

Общие свойства полупроводников. Природа химической связи. Структура кристаллов. Идеальные и реальные кристаллы. Дефекты в кристаллах. Свойства основных монокристаллических материалов микроэлектроники: Si, GaAs и др. Поликристаллические и аморфные полупроводники.

Зонная теория твердого тела. Энергетические спектры электронов в металлах, полупроводниках, диэлектриках. Зона проводимости и валентная зона. Электроны и дырки. Эффективная масса электрона. Экситоны. Собственные и примесные полупроводники. Донорные и акцепторные примеси.

Основы статистической физики. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок в зонах и их температурные зависимости. Распределение Максвелла-Больцмана. Критерий вырождения электронного газа. Вырожденные и невырожденные полупроводники.

Рекомбинация носителей заряда. Рекомбинация «зона-зона» и рекомбинация через примеси и дефекты. Теория рекомбинации Шокли-Рида. Диффузионная длина и время жизни носителей. Поверхностная рекомбинация.

Электропроводность полупроводников. Носители заряда в слабом электрическом поле. Взаимодействие с фононами, примесными атомами, дефектами. Подвижность электронов и дырок. Условие электронейтральности. Диффузия и дрейф носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Носители заряда в сильном электрическом поле. Горячие электроны. Лавинное умножение в полупроводниках. Электрические домены и токовые шнуры. Эффект Ганна.

Уравнение для плотности электрического тока в полупроводниках. Уравнение непрерывности. Уравнение Пуассона.

Электронно-дырочный (p-n) переход. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Вольт-амперная характеристика p-n перехода. Токи носителей заряда в p-n переходе, квазиуровни Ферми. Генерация и рекомбинация носителей в p-n переходе. Барьерная и диффузионная емкость. Частотные и импульсные свойства. Пробой p-n перехода: тепловой, лавинный, туннельный.

Транзисторный эффект. Зонная диаграмма полупроводниковой структуры с двумя близко расположенными p-n переходами. Коэффициент инжекции. Коэффициент переноса носителей через базу. Коэффициент усиления транзистора.

Контакт металл-полупроводник. Теория Шоттки. Вольт-амперная характеристика Омического контакта. Сопоставление с p-p переходом.

Структура металл-диэлектрик-полупроводник. Зонная диаграмма и ее изменение при приложении напряжения. Роль поверхностных состояний, подвижных и неподвижных зарядов в диэлектрике.

Гетероструктуры. Зонная диаграмма гетеро- p-n перехода. Коэффициент инжекции. Суперинжекция. Одинарные и двойные гетероструктуры. Варизонные структуры.

Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение излучения: собственное и примесное, экситонное и на свободных носителях. Закон Бугера. Красная граница поглощения. Фотопроводимость. Спектральная характеристика. Фотовольтаический эффект в p-n переходе. Эффекты, вызываемые поглощением высокоэнергетического ядерного излучения в полупроводниках.

Излучение полупроводников. Прямые и непрямые переходы носителей заряда. Виды люминесценции: инжекционная, катодо-, фото-люминесценция. Спектры излучения. Правило Стокса, антистоксовая люминесценция. Квантовый выход. Вывод излучения из полупроводников.

Лазерный эффект в полупроводниках. Индуцированное (стимулированное) излучение. Оптический резонатор, усиление и генерация света. Пороговый ток.

Термоэлектрические явления. Термо- и гальваномагнитные эффекты. Эффект Холла. Электро-, магнито-, акустооптические эффекты. Поверхностные акустические волны. Акустоэлектронные волны.

### **Приборы твердотельной электроники и микроэлектроники**

Полупроводниковые диоды. Устройство и основные параметры. Выпрямительные и импульсные диоды. Варикапы. Стабилитроны и защитные диоды. Туннельные диоды. Диоды СВЧ: детекторные и смесительные, диоды Шоттки, pin – диоды, умножительные и параметрические, лавинно-пролетные, диоды Ганна. Полупроводниковые датчики ядерных излучений.

Полупроводниковые транзисторы. Биполярные транзисторы. Принцип действия, основные параметры, их зависимость от температуры. Частотные и импульсные характеристики. Диффузионно-дрейфовые транзисторы. Мощные транзисторы, в том числе СВЧ. Транзисторы с изолированным затвором (IGBT).

Тиристоры и их разновидности. Основные параметры.

Полевые транзисторы, принцип действия, основные параметры. Полевые транзисторы с p-n переходом, с барьером Шоттки. МДП-транзисторы с индуцированным и встроенным каналами p- и n- типов.

Шумы в транзисторах.

Полупроводниковые интегральные схемы. Транзисторы, диоды и другие элементы в интегральном исполнении. Межэлементная изоляция. ИС, БИС, СБИС. Классификация микросхем по конструктивно-технологическому принципу: МОП- и КМОП-ИС, биполярные (ТТЛ-, ЭСЛ-, И2Л-ИС); Би-КМОП; «кремний-на-изоляторе» («кремний-на-сапфире»)-ИС; GaAs-ИС на полевых транзисторах с барьером Шоттки (ПТШ). Многослойные (объемные) ИС. Интеграция на пластине. Микросистемы (общее представление).

Микросхемотехника. Цифровые и аналоговые ИС. Базовые логические элементы: ТТЛ, ЭСЛ, МОП, КМОП, ПТШ. Микропроцессоры. Полупроводниковые ЗУ. Программируемые логические матрицы. Базовые матричные кристаллы. ЦАП – АЦП. Сигнальные микропроцессоры. ВИП и стабилизаторы напряжения. Операционные усилители. Специфика интегральных СВЧ-устройств.

Оптоэлектроника. Фотоприемники: фото- резисторы, -диоды, -транзисторы, -матрицы. Основные параметры и характеристики. Фотоприемники ИК-диапазона, тепловизоры. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью. Солнечные батареи: на монокристаллическом и аморфном кремнии, на поликристаллических пленках, с гетероструктурами.

Полупроводниковые лазеры (общее представление).

Светодиоды, параметры и характеристики. Суперяркие светодиоды. ИК-излучатели. Светодиодные дисплеи. Полимерные светодиоды (общее представление).

Оптроны и оптоэлектронные ИС.

Оптические дисковые и голографические ЗУ. Волоконнооптические линии связи. Элементы оптической вычислительной техники. Интегральная оптика.

Акустоэлектроника и акустооптика. Физические основы взаимодействия акустической волны с электронами твердого тела и взаимодействия оптических и акустических волн в твердых телах и жидкостях. Основные материалы акустоэлектроники и акустооптики и устройства на их основе для обработки аналоговых сигналов.

Магнитоэлектроника, криоэлектроника, твердотельные датчики (общее представление).

Краткий очерк истории твердотельных приборов и микроэлектроники. Даты важнейших открытий и изобретений. Ученые, внесшие вклад в развитие твердотельной микроэлектроники и примыкающих к ней областей.

### **Технология микроэлектроники и твердотельных приборов**

Планарная технология – общая схема техпроцесса. Групповая обработка. Минимальный топологический размер (МТР) – основной показатель уровня технологии. Степень интеграции ИС. Динамика МТР и степени интеграции, закон Мура. Перспективы развития планарной технологии. Гибридная технология. Микросборки и БИС на подложках.

Изготовление полупроводниковых пластин. Определение кристаллографической ориентации монокристаллов полупроводников. Ориентированная резка, шлифовка, полировка пластин.

Химическое травление и химическая полировка кремния и арсенида галлия. Химико-механическая полировка. Финишная очистка пластин. Методы контроля качества очистки.

Эпитаксия. Методы эпитаксиального выращивания кремния. Методы контроля качества эпитаксиальных слоев. Распределение примесей в эпитаксиальных слоях. Дефекты эпитаксиальных пленок. Получение эпитаксиальных гетеропереходов. Выращивание эпитаксиальных пленок  $A_3B_5$ .

Оборудование для эпитаксиального выращивания пленок. Сравнение газотранспортной, жидкофазной, МОС-гидридной и молекулярной эпитаксии.

Создание диэлектрических покрытий на кремнии. Термодинамика процесса окисления кремния. Физическая модель процесса окисления кремния. Кинетика активного и пассивного окисления полупроводников. Структура окисла на кремнии. Перераспределение примеси при термическом окислении кремния. Формирование диэлектрических пленок методами осаждения из металлоорганических соединений.

Зарядовое состояние системы полупроводник—диэлектрик; факторы, влияющие на величину и знак заряда в системе. Связь параметров полупроводниковых приборов и ИС с зарядовым состоянием системы кремний—окисел.

Диффузия в полупроводниках. Физические основы процесса диффузии. Основные уравнения. Граничные условия и расчетные формулы для наиболее важных случаев диффузии. Методы проведения диффузионных процессов. Структурные схемы диффузионных печей. Особенности диффузии в соединениях  $A_3B_5$ .

Электронно-ионная технология. Методы получения электронных и ионных пучков. Ионное легирование. Имплантация ионов. Плазмохимические и ионно-плазменные методы обработки полупроводниковых, диэлектрических и металлических слоев. Дефекты, вносимые электронно-ионной обработкой, их устранение. Конструктивные схемы ионных имплантеров и оборудования для электронно-ионной и ионно-химической обработки.

Металлизация. Получение тонких пленок термическим испарением в вакууме. Ионно-плазменное распыление. Химическое осаждение из газовой фазы. Оборудование для получения тонких пленок. Материалы тонкопленочной технологии.

Литография. Фотолитография. Основные типы оборудования для фотолитографии. Проекционная фотолитография, электроннолучевая литография и рентгенолитография. Фотошаблоны и их изготовление. Дефекты микросхем, связанные с фотолитографическими процессами.

Структуры элементов полупроводниковых ИС. Методы изоляции элементов. Технология структур «кремний на изоляторе». Структура и свойства элементов ИС.

Сборка полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Корпуса полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Методы герметизации. Бескорпусные приборы. Методы отвода тепла в мощных полупроводниковых приборах.

**Моделирование, испытания, надежность приборов твердотельной электроники, радиоэлектроники и изделий микро- и нанoeлектроники**

Моделирование как основа проектирования приборов твердотельной, микро- и наноэлектроники. Методики построения физических и математических моделей. Двух- и трехмерное моделирование. Примеры моделей транзисторов, элементов микросхем. Системы моделирования и автоматизированного проектирования (общее представление).

Испытание изделий на устойчивость к воздействию внешних факторов: механических, климатических, радиационных, Виды испытаний: приемосдаточные, периодические, квалификационные. Особенности поведения полупроводниковых приборов и микросхем при различных видах радиационных и космических воздействий. Методы повышения радиационной стойкости приборов.

Основные положения, понятия и определения современной теории надежности. Статистические методы оценки и прогнозирования показателей надежности и долговечности. Физика причин отказов полупроводниковых приборов и микросхем. Катастрофические (внезапные) и деградационные (постепенные) отказы. Методы выявления потенциально ненадежных приборов и микросхем. Ускоренные испытания и имитационные методы испытаний.

### **Программно-аппаратные комплексы входного контроля электронной компонентной базы.**

Основные и дополнительные методы входного контроля и отбраковки электронной компонентной базы (общее представление и классификация).

Поколения измерительно-вычислительных комплексов входного контроля. Адаптивные измерительные средства. Итеративные измерительные средства. Интеллектуальные измерительные средства. Алгоритмические измерения. Статистическая разрешающая способность средств входного контроля.

### **Радиоэлектронные компоненты**

Физические явления, определяющие электропроводность толсто пленочных резистивных материалов. Толсто пленочные резисторы. Основные типы постоянных и переменных резисторов.

Физические явления, определяющие емкостные свойства конденсаторов. Типы, параметры и конструкции конденсаторов постоянной и переменной емкости.

Физические основы работы линий задержек на поверхностных акустических волнах.

Полупроводниковые термо- и фототранзисторы, позисторы, варисторы, болометры(общее представление)

### **Физические эффекты в малоразмерных твердотельных структурах, специфические приборы наноэлектроники и методы их изготовления, основные принципы создания приборов на квантовых эффектах**

Размерное квантование в гетероструктурах. Примеры структур с размерно-квантованным энергетическим спектром: квантовые ямы, квантовые нити и квантовые точки.Сверхрешетки. Туннелирование на одиночном барьере. Двухбарьерная структура. Резонансно-туннельные диод и транзистор. Эффект Джозефсона.

Транспортные явления в малоразмерных полупроводниковых структурах. Модулированное легирование. Полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT).

Гетеропереходный биполярный транзистор.

Квантовый эффект Холла. Энергетический спектр носителей заряда в магнитном поле. Квантование холловского сопротивления двумерного электронного газа в магнитном поле. Дробный квантовый эффект Холла.

Одноэлектроника. Квантование кулоновской энергии в мезоскопических системах. Явление кулоновской блокады при туннелировании через переходы с малой емкостью. Одноэлектронные транзисторы и схемы на их основе.

Представления об элементной базе квантовых компьютерах – кубитах. Свойства кубита. Управление эволюцией кубита. Элементарные одно-кубитовые и двухкубитовые опера-

ции как основа квантовых вычислений. Представление о принципах квантовой связи на одиночных фотонах.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **5.1. Активные и интерактивные формы обучения**

С целью формирования и развития общепрофессиональных и профессиональных компетенций аспирантов в учебном процессе в рамках возможностей дистанционных технологий используются активные и интерактивные формы проведения занятий (проблемное изложение учебного материала, разбор конкретных ситуаций из деятельности профильных предприятий и организаций).

При изучении курса предусмотрено использование компьютерных симуляций на базе программного продукта «Виртуальный спектрометр глубоких уровней», разбор конкретных ситуаций, связанных с интерпретацией результатов экспериментальных исследований.

Аспиранты привлекаются к выполнению госбюджетных и хоздоговорных научно-исследовательских работ (НИР), посещают профильные выставки в Москве и Владимире, участвуют в научно-технических конференциях и семинарах различного уровня.

### **5.2. Мультимедийные технологии обучения**

- Лекционные занятия проводятся, как правило, в дистанционном режиме с использованием мультимедийных презентаций

- Аспирантам доступны конспект лекций и методические указания к СРС в электронном виде, учебные видеофильмы и рекламно-информационные материалы профильных предприятий и организаций.

В рамках дисциплины возможны вебинары и видеоконференции с участием известных ученых, преподавателей российских и зарубежных университетов, ведущих специалистов и руководителей промышленных предприятий и организаций различных форм собственности, в том числе выпускников ВлГУ.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ**

Текущий контроль знаний осуществляется на консультациях по курсу. Темы рефератов, как правило, согласуются с работодателями аспирантов и посвящены вопросам входного контроля материалов и электронных комплектующих компонентов.

Фонд оценочных средств и методические рекомендации по организации самостоятельной работы оформлены в виде отдельных разделов УМК.

### **Самостоятельная работа аспиранта.**

Цель самостоятельной работы - формирование личности аспиранта, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня. Самостоятельная работа аспирантов включает закрепление теоретического материала в процессе выполнения научных исследований по теме диссертации. Основа самостоятельной работы - изучение рекомендуемой литературы, работа с конспектом лекций и в Интернете, выполнение домашних заданий. Повышению эффективности самостоятельной работы способствуют систематические консультации. Текущий контроль освоения материала и самостоятельной работы проводится на консультациях.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

#### **а) основная литература:**

1. Ослабление гамма-излучения в веществе. Методические указания для проведения лабораторных работ [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. — Электрон. дан. — Томск : ТГУ (Национальный исследовательский Томский государственный университет), 2015. — 20 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=71568](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71568)

2. Барбашов, В.М. Радиационные эффекты в наногетероструктурных СВЧ-приборах и интегральных схемах: учебное пособие [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Барбашов, Д.В. Громов. — Электрон. дан. — М. : НИЯУ МИФИ (Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт»), 2013. — 124 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=75732](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75732)

3. Воронов, Ю.А. Моделирование технологии и параметров кремниевых наноразмерных транзисторных структур: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Воронов, С.Ю. Касков, О.Р. Мочалкина. — Электрон. дан. — М. : НИЯУ МИФИ (Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт»), 2012. — 80 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=75726](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75726)

4. Герман-Галкин, С.Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 443 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=36998](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=36998)

#### **б) дополнительная литература**

1. Алексеев, С.А. Экспериментальные методы исследования [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.А. Алексеев, А.Л. Дмитриев, Ю.Т. Нагибин [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2012. — 81 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=43813](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=43813)

2. Беляков, В.В. Физика микроэлектронных структур: лабораторный практикум [Электронный ресурс] : / В.В. Беляков, В.С. Першенков, В.Н. Улимов [и др.]. — Электрон. дан. — М. : НИЯУ МИФИ (Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт»), 2010. — 64 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=75723](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75723)

3. Бондаренко, И.Б. Управление качеством электронных средств [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И.Б. Бондаренко, Ю.А. Гатчин, К.В. Дукельский. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2008. — 95 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=40874](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=40874)

#### **в) периодические издания:**

1. Производственно-практический журнал «Современная электроника», Изд-во «СТА-Пресс», г. Москва. Бесплатная подписка для специалистов на [www.soel.ru](http://www.soel.ru)

2. Научно-технический журнал «Физика и техника полупроводников».

Учредители: РАН, ФТИ РАН им. А.Ф.Иоффе, г. Санкт-Петербург, Открытый доступ к архиву статей на <http://journals.ioffe.ru/journals/2>

3. Всероссийский научно-технический журнал «Проектирование и технология электронных средств»

Учредители: Минобрнауки, ВлГУ. Подробности, включая содержания выпусков, на <http://fremt.vlsu.ru/index.php?id=227>

4. Научно-технический журнал «Измерительная техника»

Учредители: ФА ТРИМ, ВНИИИМС. Архив содержаний номеров на <http://www.vniims.ru/izm-technika/arh.html>

5. Научно-технический журнал «Приборы и техника эксперимента»  
Издательство «Наука». Подробности на <http://www.maik.ru/ru/journal/pribory/>

6. Научно-практический журнал «Производство электроники. Технологии, оборудование, материалы», ИД Электроника, г. Москва, 6 выпусков в год.  
Содержания выпусков доступны по адресу: [www.elcp.ru](http://www.elcp.ru)

7. Научно-практический журнал «Технологии в электронной промышленности. Тематическое приложение к журналу «Компоненты и технологии», ООО Издательство Файнстрит», г. Санкт-Петербург, 4 выпуска в год  
Содержания выпусков доступны по адресу: [www.finestreet.ru](http://www.finestreet.ru)

#### г) интернет-ресурсы:

1. Новостной и аналитический портал «Время электроники» (с подпиской на новости) <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/>

2. Федеральный портал: Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Образование в области техники и технологий. [http://window.edu.ru/catalog/?p\\_rubr=2.2.75](http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75)

3. ЭЛИНФОРМ. Информационный портал по технологиям производства электроники (с подпиской на новости) <http://www.elinform.ru/>

4. Электронная библиотечная система (ЭБС) ВлГУ <http://library.vlsu.ru/>

5. ЭБС издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/> (после регистрации в локальной вычислительной сети ВлГУ)

6. ЭБС издательства Znanium <http://znanium.com/> (после регистрации в локальной вычислительной сети ВлГУ)

7. ЭБС издательства IPRbooks <http://www.iprbookshop.ru/> (после регистрации в локальной вычислительной сети ВлГУ)

8. ИНТЕРНЕТ-ресурсы университетской сети ВлГУ (eLIBRARY.ru, РЖ ВИНТИ, ИОР, Oxford Journals, AAAS, Springer, SCOPUS)

[http://library.vlsu.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=68&Itemid=73](http://library.vlsu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=73)

(доступ с компьютеров локальной вычислительной сети и в электронных читальных залах библиотеки ВлГУ)

## МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 331-3, 333-3, 324-3, 323-3);
- электронные записи лекций (мультимедиа-презентации);
- оборудование компьютерного класса 330-3;
- специализированные лаборатории НИР, оснащенные измерительно-вычислительным комплексом автоматизации научных исследований в области квалигенетического подхода к индивидуальной оценке качества полупроводниковой ЭКБ в составе: спектрометр глубоких уровней DLS-82E, камера тепла и холода Thermotron, измерительные приборы с внешним компьютерным управлением (ауд. 122-3, 323-3));
- программно-аппаратные средства технологического оснащения специальных видов испытаний и контроля, разработанные на кафедре БЭСТ;
- демонстрационные дозиметры ионизирующих излучений;
- ИНТРАНЕТ-сервер локальной сети кафедры с Wi-Fi – роутером беспроводного доступа на территории помещений кафедры.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи» и паспорта научной специальности 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нано-электроника, приборы на квантовых эффектах»

Рабочую программу составил проф. каф. БЭСТ Крылов В.П.  
(ФИО, подпись)



Согласовано:

Внешний рецензент – Шалумов А.С., д.т.н., проф., ген. директор ООО НИИ «АСОНИКА», гл. науч. сотр. ВФ РАНХиГС

 (А.С. Шалумов)  
(ФИО, должность, подпись, расшифровка подписи)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БЭСТ

Протокол № 1 от 31.08.2015 года

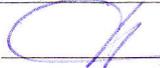
Заведующий кафедрой БЭСТ Сушкова Л.Т.

  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

Протокол № 1 от 31.08.2015 года

Председатель комиссии

  
(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_