

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М.
Бербекова» (КБГУ)**

**Институт информатики, электроники и робототехники
Кафедра электроники и цифровых информационных технологий**

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

**Руководитель образовательной
программы**

Директор ИИЭ и Р

_____ **А.М. Кармоков**

_____ **Н.В. Черкесова**

«_____» _____ 2021 г.

«_____» _____ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ(модуля).
Б1.В.ОД.6 «ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ, МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, ПРИБОРЫ НА КВАНТОВЫХ
ЭФФЕКТАХ»**

Направление подготовки

11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи»

Направленность подготовки

**05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и
наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах»**

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная (заочная)

Рабочая программа дисциплины (модуля) 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах»
/сост. Г.А.Мустафаев – Нальчик: КБГУ, 2021 г.17 с.

Рабочая программа дисциплины (модуля) «05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах» предназначена для преподавания дисциплины вариативной части Б1.В.ОД.6 аспирантам очной (заочной) формы обучения по направлению подготовки 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи» обучающимся в 4 семестре, 2 года обучения.

Рабочая программа дисциплины(модуля) 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах» составлена с учетом федерального государственного основного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.06.01«Электроника, радиотехника и системы связи»,утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «30 » июля 2014 г. №876 .

Содержание

1	Цель и задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2	Место дисциплины (модуля).в структуре ОПОП ВО.....	4
3	Требования к результатам освоения дисциплины(модуля).....	4
4	Содержание и структура дисциплины (модуля)....	5
	4.1.Лекции	
	4.2.Самостоятельное изучение разделов дисциплины (модуля)....	
5	Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации	8
6	Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности	13
7	Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля).	15
	7.1. Основная литература	
	7.2. Дополнительная литература	
	7.3. Периодические издания	
	7.4. Интернет ресурсы	
	7.5.Методические указания к самостоятельной работе.	
8	Материально-техническое обеспечение....дисциплины(модуля).....	16
9	Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины(модуля)....	17

1.Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью дисциплины является:

- подготовка выпускника, владеющего физическими основами и принципами действия приборов твердотельной электроники;
- обучение теоретическим основам и методам экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств электроники различного функционального назначения и их применению.

Основные задачи дисциплины:

- изучение основных типов полупроводниковых приборов и физических процессов их работу;
- овладение методами исследования приборов твердотельной электроники;
- приобретение навыков практического применения полученных знаний; способностей для самостоятельной работы.

2.Место дисциплины(модуля) в структуре ОПОП АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина включена в вариативную часть Б1.В.ОД.6 учебного плана по направлению подготовки 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи», направленность подготовки 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах»

Актуальность курса обусловлена необходимостью создания новых и совершенствования существующих твердотельных электронных приборов, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая проблемы и задачи, связанные с разработкой научных основ, физических и технических принципов создания и совершенствования указанных приборов, компонентов, изделий. Основным содержанием курса являются научные и технические исследования и разработки в области физики, схемотехники, конструкции, технологии, моделирования, измерения характеристик, испытания, применения указанных приборов, компонентов, изделий. Значение решения научных и технических проблем данной специальности для народного хозяйства состоит в разработке новых и совершенствовании существующих перечисленных приборов, компонентов, изделий, повышении их функциональных и эксплуатационных характеристик, а также эффективности применения.

Для эффективного изучения дисциплины требуется использование дополнительной литературы, а также непосредственное участие при подготовке и проведении экспериментов.

3.Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих: *общепрофессиональных компетенций*:

ОПК-1-способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологии;

ОПК-3-готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования профессиональных компетенций:

ПК-1-способность исследовать новые процессы и явления в области твердотельной электроники, позволяющие повысить эффективность радиоэлектронных компонентов, приборов микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать: основные источники научно-технической информации по физике полупроводниковых приборов и интегральных схем, принципы действия и методы расчета основных полупроводниковых приборов, методы расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования, основные методы и средства измерения параметров и характеристик полупроводниковых приборов и методы их моделирования, методы самоорганизации и самообразования;

уметь: учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности, решать задачи обработки данных с помощью современных инструментальных средств, применять методы и средства измерения физических параметров полупроводниковых приборов, применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования полупроводниковых приборов, осуществлять выбор полупроводниковых приборов в зависимости от требований к электрическим характеристикам, параметрам и условий эксплуатации устройств и элементов микроэлектронных устройств, выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования, использовать результаты самообразования в профессиональной деятельности;

владеть: методами расчета и экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводниковых приборов, основными приемами обработки и представления экспериментальных данных, способностью строить физические и математические модели полупроводниковых приборов, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования, способностью аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику расчета и проектирования электронных приборов, схем, устройств и установок электроники различного функционального назначения, готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

4.Содержание и структура дисциплины (модуля)

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т).

Таблица 1

	Наименование раздела	Содержание раздела/ темы	Форма текущего контроля
1	Физика полупроводников.	Электропроводность полупроводников. Взаимодействие с фононами, примесными атомами, дефектами. Подвижность электронов и дырок. Условие электронейтральности. Диффузия и дрейф носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Горячие электроны. Лавинное умножение в полупроводниках. Эффект Ганна. Уравнение для плотности электрического тока в полупроводниках. Уравнение непрерывности. Уравнение Пуассона. Электронно-дырочный переход (р-п). Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Вольт-амперная и вольт-фарадная характеристики р-п перехода. Токи носителей заряда в р-п переходе. Генерация и рекомбинация носителей в р-п переходе. Барьерная и диффузионная ёмкость. Пробой р-п перехода: тепловой, лавинный, туннельный. Гетеропереходы. Контакт металл-проводник. Омический и выпрямляющий переходы Шоттки. Структуры металл-диэлектрик полупроводник (МДП). Полевой эффект в МДП-структурах. Теплопроводность полупроводников. Термоэлектрические явления. Термо- и гальвомагнитные эффекты. Эффект Холла.	К, Т
2	Приборы твердотельной	Полупроводниковые диоды. Основные параметры и характеристики диодов, их зависимость от	К, Т

	<p>электроники и микроэлектроники</p>	<p>температуры и режима. Эквивалентные схемы. Импульсные и частотные свойства диодов. Выпрямительные и импульсные диоды.</p> <p>Биополярные транзисторы Структура и принцип действия. Распределение носителей в областях транзисторов. Эффект Эрли. Основные параметры и характеристики транзисторов, их зависимость от температуры и режима. Эквивалентные схемы и математические модели транзистора: модели Эберса-Молла, Линвилла, зарядовая. Импульсные и частотные свойства транзисторов. Работа транзистора при высоком уровне инжекции. Пробой транзистора и смыкание переходов.</p> <p>Тиристоры, принцип их действия и классификация. Основные параметры и характеристики.</p> <p>Полевые транзисторы МДП, с р-n переходом и с барьером Шоттки. Принцип действия. Модуляция глубины канала. Основные параметры и характеристики полевых транзисторов. МДП транзисторы с индуцированным и встроенным каналами. МНОП-структуры. Интегральные микросхемы. Элементы ИС: транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы в составе ИС. Классификация ИС по конструктивно-технологическому и функциональному решению. Цифровые и аналоговые ИС. Биполярные ТТЛ, ЭСЛ и И² Л- схемы, МДП-ИС: с р- и п- каналами, К/МОП.</p>	
3	<p>Технологические процессы в производстве полупроводниковых приборов и интегральных микросхем</p>	<p>Эпитаксия. Практические методы эпитаксиального выращивания Si. Методы контроля эпитаксиальных слоев. Распределение примесей в эпитаксиальных слоях. Дефекты эпитаксиальных пленок. Получение эпитаксиальных гетеропереходов. Выращивание эпитаксиальных пленок A³B⁵. Оборудование для эпитаксиального наращивания пленок. Сравнение газотранспортной, жидкофазной и молекулярной эпитаксии.</p> <p>Получение тонких пленок термическим испарением в вакууме. Ионно-плазменное распыление. Химическое осаждение из газовой фазы. Оборудование для получения тонких пленок. Материалы тонкопленочной технологии.</p> <p>Фотолитография. Основные типы оборудования для фотолитографии. Проекционная фотолитография. Фотошаблоны и их изготовление. Дефекты микросхем, связанные с фотолитографическими процессами.</p> <p>Основы конструирования структуры полупроводниковых ИС. Методы изоляции элементов. Изопланарная технология, эпик-процесс, технология "кремний на изоляторе". Структура и свойства элементов ИС.</p> <p>Сборка и монтаж полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Корпуса полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Методы герметизации Бескорпусные</p>	<p>К, Т</p>

		приборы. Методы отвода тепла в мощных полупроводниковых приборах Тенденция развития планарной технологии Субмикронная технология.	
4	Основы нанoeлектроники	Технология получения низкоразмерных пленок и структур. Эффекты размерного квантования, "двумерный электронный газ". Особенности механических, электрофизических и оптических свойств наноразмерных пленок. Понятие о квантовых ямах в слоистых структурах. Полупроводниковые сверхрешетки и их приборные применения. Понятие о квантовых нитях и квантовых точках и перспективах их практического использования. Способы получения и структура "пористых" слоев Si и GaAs. Рентгеновская и электронная литография наноразмерных элементов. Применения атомно-силового и сканирующего туннельного микроскопов для нанолитографии и прецизионного контроля наноразмерных структур.	К, Т
5	Вопросы обеспечения качества и надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.	Организация контроля качества полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Методы измерения статических, динамических и импульсных параметров. Методы контроля БИС и СБИС. Виды производственных испытаний. Количественные характеристики надежности. Эксплуатационная надежность. Надежность элементов ИС. Классификация и основные виды отказов. Механизм отказов. Статистические и физические методы анализа и прогнозирования отказов. Методы повышения надежности полупроводниковых приборов и ИС. Действие радиации на полупроводниковые приборы и микросхемы.	К, Т, РК

Структура дисциплины (модуля)

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	4 семестр	Всего
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Контактная работа (в часах):	30	30
Лекционные занятия (Л)	30	30
Самостоятельная работа (в часах):	78	78
Самостоятельное изучение разделов/тем	51	51
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	27	27
Вид промежуточной аттестации	экзамен	экзамен

Таблица 3. Лекционные занятия

№ п/п	Тема
1.	Физика полупроводников.
2.	Приборы твердотельной электроники и микроэлектроники
3.	Технологические процессы в производстве полупроводниковых приборов и интегральных микросхем

4.	Основы нанoeлектроники
5.	Вопросы обеспечения качества и надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.

Таблица 4. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1.	Биполярный транзистор (БТ)
2.	Полевые транзисторы
3.	Приборы на основе объемных эффектов
4.	Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.
5.	Подготовка к тестированию, коллоквиуму, экзамену.

5.Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Коллоквиум

В семестре проводятся 3 коллоквиума, которые оцениваются по 8 баллов каждый.

Вопросы, выносимые на коллоквиум

Первый коллоквиум

- 1.Электропроводность полупроводников.
- 2.Взаимодействие с фононами, примесными атомами, дефектами.
- 3.Подвижность электронов и дырок.
- 4.Условие электронейтральности.
- 5.Диффузия и дрейф носителей заряда. Соотношение Эйнштейна.
- 6.Горячие электроны.
- 7.Лавинное умножение в полупроводниках.
- 8.Эффект Ганна.
- 9.Уравнение для плотности электрического тока в полупроводниках.
- 10.Уравнение непрерывности.
- 11.Уравнение Пуассона.
- 12.Электронно-дырочный переход (р-п).
- 13.Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда.
- 14.Вольт-амперная и вольт-фарадная характеристики р-п перехода.
- 15.Токи носителей заряда в р-п переходе.
- 16.Генерация и рекомбинация носителей в р-п переходе.
- 17.Барьерная и диффузионная ёмкость.
- 18.Пробой р-п перехода: тепловой, лавинный, туннельный.
- 19.Гетеропереходы.
- 20.Контакт металл-проводник. Омический и выпрямляющий, переходы Шоттки.
- 21.Структуры металл-диэлектрик полупроводник (МДП).
- 22.Полевой эффект в МДП-структурах.
- 23.Теплопроводность полупроводников.
- 24.Термоэлектрические явления.

Второй коллоквиум

- 1.Полупроводниковые диоды. Основные параметры и характеристики диодов, их зависимость от температуры и режима.
- 2.Эквивалентные схемы. Импульсные и частотные свойства диодов. Выпрямительные и импульсные диоды.
- 3.Биополярные транзисторы Структура и принцип действия.
- 4.Распределение носителей в областях транзисторов. Эффект Эрли.
- 5.Основные параметры и характеристики транзисторов, их зависимость от температуры и режима.
- 6.Эквивалентные схемы и математические модели транзистора: модели Эберса-Молла, Линвилла, зарядовая.
- 7.Работа транзистора при высоком уровне инжекции. Пробой транзистора и смыкание переходов.
- 8.Тиристоры, принцип их действия и классификация. Основные параметры и характеристики.
- 9.Полевые транзисторы МДП, с р-п переходом и с барьером Шоттки.
- 10.Основные параметры и характеристики полевых транзисторов..

- 11.МДП транзисторы с индуцированным и встроенным каналами.
- 12.МНОП-структуры..
- 13.Элементы ИС: транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы в составе ИС.
- 14.Классификация ИС по конструктивно-технологическому и функциональному решению.
- 15.Цифровые и аналоговые ИС.
- 16.Биполярные ТТЛ, ЭСЛ и И² Л- схемы,
- 17.МДП-ИС: с р- и п- каналами, К/МОП

Третий коллоквиум

- 1.Технология получения низкоразмерных пленок и структур.
- 2.Эффекты размерного квантования, "двумерный электронный газ".
- 3.Особенности механических, электрофизических и оптических свойств наноразмерных пленок.
- 4.Понятие о квантовых ямах в слоистых структурах.
- 5.Полупроводниковые сверхрешетки и их приборные применения.
- 6.Понятие о квантовых нитях и квантовых точках и перспективах их практического использования.
- 7.Способы получения и структура "пористых" слоев Si и GaAs.
- 8.Рентгеновская и электронная литография наноразмерных элементов.
- 9.Применения атомно-силового и сканирующего туннельного микроскопов для нанолитографии и прецизионного контроля наноразмерных структур.
- 10.Организация контроля качества полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.
- 11.Методы измерения статических, динамических и импульсных параметров. Методы контроля БИС и СБИС.
- 12.Виды производственных испытаний.
- 13.Количественные характеристики надежности. Эксплуатационная надежность. Надежность элементов ИС.
- 14.Классификация и основные виды отказов.
- 15.Механизм отказов. Статистические и физические методы анализа и прогнозирования отказов.
- 16.Методы повышения надежности полупроводниковых приборов и ИС.
- 17.Действие радиации на полупроводниковые приборы и микросхемы

Рекомендации при подготовке к коллоквиуму

- проработать конспекты лекций по вопросам коллоквиума;
- прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемым вопросам;
- ответить на вопросы коллоквиума;
- при затруднениях, проконсультироваться с преподавателем.

Критерии оценивания

Оценка			
неудовлетворительно 2 балла	удовлетворительно 4 балла	хорошо 6 баллов	отлично 8 баллов
аспирант не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы.	аспирант поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос	аспирант хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	аспирант в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Образцы тестовых заданий

1. При увеличении площади р-п перехода на обратную ветвь ВАХ р-п перехода при постоянном напряжении обратный ток
 - а) Уменьшается;
 - б) Увеличивается;
 - в) Не изменяется;
 - г) Равен нулю.

2. I_n - это
 - а) Ток дрейфа р-п перехода;
 - б) Прямой ток р-п перехода;
 - в) Диффузионный ток;
 - г) Ток насыщения или тепловой ток.
3. Прямой ток на ВАХ р-п перехода возрастает с повышением температуры, т.к.
 - а) Потенциальный барьер увеличивается при постоянном напряжении;
 - б) Потенциальный барьер уменьшается при постоянном напряжении;
 - в) Потенциальный барьер не изменяется при постоянном напряжении.
4. При лавинном пробое с увеличением температуры пробивное напряжение увеличивается, т.к.
 - а) Длина свободного пробега увеличивается, а, следовательно, увеличивается и энергия, которую может приобрести носитель на длине свободного пробега, для ионизации атома полупроводника;
 - б) Длина свободного пробега не изменяется, а, следовательно, не изменяется и энергия, которую может приобрести носитель на длине свободного пробега, для ионизации атома полупроводника;
 - в) Длина свободного пробега уменьшается, а, следовательно, уменьшается и энергия, которую может приобрести носитель на длине свободного пробега, для ионизации атома полупроводника;
 - г) Длина свободного пробега уменьшается, а, следовательно, увеличивается энергия, которую может приобрести носитель на длине свободного пробега, для ионизации атома полупроводника.
5. Тепловым пробоем называется
 - а) Прохождение обратного тока в р-п переходе, при котором выделяется определенное количество тепла и если оно превосходит количество тепла, отводимое от р-п перехода, то температура начнет повышаться, что приведет к пробое;
 - б) Прохождение обратного тока в р-п переходе, при котором выделяется определенное количество тепла и если оно не превосходит количество тепла, отводимое от р-п перехода, то температура начнет повышаться, что приведет к пробое;
 - в) Прохождение обратного тока в р-п переходе, при котором выделяется определенное количество тепла и если оно превосходит количество тепла, отводимое от р-п перехода, то температура не изменится, что приведет к пробое;
6. При прямом смещении в р-п переходе происходит
 - а) Экстракция;
 - б) Инжекция;
 - в) Экстракция и инжекция;
 - г) Дрейф носителей заряда.
7. Диффузионная теория – это теория толстого перехода, когда
 - а) Ширина ОПЗ много меньше диффузионной длины $d \ll L$;
 - б) Ширина ОПЗ много больше диффузионной длины $d \gg L$;
 - в) Ширина ОПЗ равна диффузионной длине $d = L$;
 - г) Ширина ОПЗ меньше либо равна диффузионной длине $d \leq L$.
8. Пробивное напряжение уменьшается, при туннельном пробое с увеличением температуры, т.к.
 - а) Ширина запрещенной зоны уменьшается, и уменьшается толщина потенциального барьера, что позволяет туннелировать, при меньших напряжениях;
 - б) Ширина запрещенной зоны увеличивается, и увеличивается толщина потенциального барьера, что позволяет туннелировать, при меньших напряжениях;
 - в) Ширина запрещенной зоны увеличивается, и уменьшается толщина потенциального барьера, что позволяет туннелировать, при больших напряжениях;
 - г) Ширина запрещенной зоны уменьшается, и увеличивается толщина потенциального барьера, что позволяет туннелировать, при больших напряжениях.
9. τ_i – это
 - а) Время жизни дырок;

- б) Время жизни электронов;
- в) Время жизни ионов;
- г) Время жизни носителей собственного п/п.

Методические рекомендации по подготовке к тестированию

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

а) готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине. Проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

б) четко выясните все условия тестирования заранее. Знать, сколько тестов Вам будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т.д.

в) приступая к работе с тестами, внимательно и до конца прочтите вопрос и предлагаемые варианты ответов. Выберите правильные (их может быть несколько). На отдельном листке ответов выпишите цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

г) в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант.

д) если Вы встретили чрезвычайно трудный для Вас вопрос, не тратьте много времени на него. Переходите к другим тестам. Вернитесь к трудному вопросу в конце.

е) обязательно оставьте время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Критерии оценивания

Оценка			
неудовлетворительно 0 баллов	удовлетворительно 3 балла	хорошо 4 балла	отлично 5 баллов
Менее 50 % правильно выполненных заданий.	50-70% правильно выполненных заданий.	71-85% правильно выполненных заданий.	86-100% правильно выполненных заданий.

Промежуточная аттестация

Список основных вопросов к устному экзамену

1. Электропроводность полупроводников.
2. Взаимодействие с фононами, примесными атомами, дефектами.
3. Подвижность электронов и дырок.
4. Условие электронейтральности.
5. Диффузия и дрейф носителей заряда. Соотношение Эйнштейна.
6. Горячие электроны.
7. Лавинное умножение в полупроводниках.
8. Эффект Ганна.
9. Уравнение для плотности электрического тока в полупроводниках.
10. Уравнение непрерывности.
11. Уравнение Пуассона.
12. Электронно-дырочный переход (р-п).
13. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда.
14. Вольт-амперная и вольт-фарадная характеристики р-п перехода.
15. Токи носителей заряда в р-п переходе.
16. Генерация и рекомбинация носителей в р-п переходе.
17. Барьерная и диффузионная ёмкость.
18. Пробой р-п перехода: тепловой, лавинный, туннельный.
19. Гетеропереходы.
20. Контакт металл-проводник. Омический и выпрямляющий, переходы Шоттки.
21. Структуры металл-диэлектрик полупроводник (МДП).
22. Полевой эффект в МДП-структурах.

23. Теплопроводность полупроводников.
24. Термоэлектрические явления.
25. Полупроводниковые диоды. Основные параметры и характеристики диодов, их зависимость от температуры и режима.
26. Эквивалентные схемы. Импульсные и частотные свойства диодов. Выпрямительные и импульсные диоды.
27. Биополярные транзисторы Структура и принцип действия.
28. Распределение носителей в областях транзисторов. Эффект Эрли.
29. Основные параметры и характеристики транзисторов, их зависимость от температуры и режима.
30. Эквивалентные схемы и математические модели транзистора: модели Эберса-Молла, Линвилла, зарядовая.
31. Работа транзистора при высоком уровне инжекции. Пробой транзистора и смыкание переходов.
32. Тиристоры, принцип их действия и классификация. Основные параметры и характеристики.
33. Полевые транзисторы МДП, с р-п переходом и с барьером Шоттки.
34. Основные параметры и характеристики полевых транзисторов..
35. МДП транзисторы с индуцированным и встроенным каналами.
36. МНОП-структуры..
37. Элементы ИС: транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы в составе ИС. 38. Классификация ИС по конструктивно-технологическому и функциональному решению.
39. Цифровые и аналоговые ИС.
40. Биполярные ТТЛ, ЭСЛ и И² Л- схемы,
41. МДП-ИС: с р- и п- каналами, КМОП
42. Технология получения низкоразмерных пленок и структур.
43. Эффекты размерного квантования, "двумерный электронный газ".
44. Особенности механических, электрофизических и оптических свойств наноразмерных пленок.
45. Понятие о квантовых ямах в слоистых структурах.
46. Полупроводниковые сверхрешетки и их приборные применения.
47. Понятие о квантовых нитях и квантовых точках и перспективах их практического использования.
48. Способы получения и структура "пористых" слоев Si и GaAs.
49. Рентгеновская и электронная литография наноразмерных элементов.
50. Применения атомно-силового и сканирующего туннельного микроскопов для нанолитографии и прецизионного контроля наноразмерных структур.
51. Организация контроля качества полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.
52. Методы измерения статических, динамических и импульсных параметров. Методы контроля БИС и СБИС.
53. Виды производственных испытаний.
54. Количественные характеристики надежности. Эксплуатационная надежность. Надежность элементов ИС.
55. Классификация и основные виды отказов.
56. Механизм отказов. Статистические и физические методы анализа и прогнозирования отказов.
57. Методы повышения надежности полупроводниковых приборов и ИС.
58. Действие радиации на полупроводниковые приборы и микросхемы

Методические рекомендации при подготовке к экзамену

Подготовка аспирантов к экзамену включает проработку лекций, в течении семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену, включая, конечно, подготовку к коллоквиумам, тестированию.

Для подготовки к ответам на экзаменационные вопросы (они выдаются в конце семестра) аспирант должен использовать не только курс лекций, но и основную и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

В ходе подготовки к экзамену аспиранту необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания изучаемых вопросов. А это достигается не простым заучиванием, а усвоением прочных систематизированных знаний аналитическим мышлением. Следовательно, непосредственная подготовка к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

Критерии оценивания

Оценка			
неудовлетворительно 0 баллов	удовлетворительно 3 балла	хорошо 4 балла	отлично 5 баллов
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий.	Посещение не менее 60% лекционных и практических занятий.	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий.	Посещение не менее 85% лекционных и практических занятий.
аспирант не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы.	аспирант поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос.	аспирант хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	аспирант в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

6.Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Таблица 5. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала
ОПК-1-способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологии;	<u>Знать:</u> методы оценивания различных вариантов технических решений при осуществлении научно-исследовательской деятельности, основные правовые и этические нормы при оценке последствий своей профессиональной деятельности. <u>Уметь:</u> самостоятельно определять цели и выполнять постановку задач, осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных по свойствам, технологии изготовления и применения приборов электронной техники, использовать для научно-исследовательской деятельности в профессиональной деятельности. <u>Владеть:</u> навыками самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность, сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования приборов, устройств, методами и способами использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, связанных с современными методами исследования структур электронной техники.	Коллоквиум Собеседование Тестирование
ОПК-3-готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования	<u>Знать:</u> Знание приемов логически верного, аргументированного и ясного построения устной речи по основным образовательным программам высшего образования для ведения преподавательской деятельности, основные источники научно-технической информации по физике полупроводниковых приборов и интегральных схем, физико - технологические основы процессов полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.	Коллоквиум Собеседование Тестирование

	<p><u>Уметь</u>: Умение логически верно, аргументированно и ясно строить устную речь по основным образовательным программам высшего образования для ведения преподавательской деятельности, учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности,</p> <p><u>Владеть</u>: способностью логически верно, аргументированно и ясно строить устную речь по основным образовательным программам высшего образования для ведения преподавательской деятельности; стандартными программными средствами компьютерного моделирования приборов электронной техники, новыми информационными технологиями.</p>	
Способность проводить исследования в области твердотельных электронных приборов, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая проблемы и задачи, связанные с разработкой научных основ, физических и технических принципов создания и совершенствования указанных приборов, компонентов, изделий (ПК-1).	<p>ЗНАТЬ: методики анализа современных физико-технических способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах.</p> <p>УМЕТЬ: критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах.</p> <p>ВЛАДЕТЬ: приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению научных задач развития твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах</p>	Коллоквиум Собеседование Тестирование

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

7.1. Основная литература

1. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: учебное пособие для вузов по направлению 010700 "Физика" и специальности 010701 "Физика" / В. А. Гуртов. – 2-е изд., доп. – М.: Техносфера, 2005. – 408 с.
2. М.А.Жаворонков, А.В.Кузин. Электротехника и электроника: уч.пос. - М.-Л: Академия, 2005. - 49 экз.
3. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. М.: Физматлит, 2008. -488 с. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109956.html>

7.2.Дополнительная литература

4. Мустафаев Г.А., Черкесова Н.В. Трехмерные интегральные схемы. Нальчик, 2016 г., 89 с.
5. Мустафаев Г.А., Черкесова Н.В. Проектирование и конструирование дискретных полупроводниковых приборов и активных элементов БИС и СБИС". г. Нальчик, 2015 г., с. 58.
6. Мустафаев Г.А., Черкесова Н.В., Проектирование радиационно стойких полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, Нальчик, 2017, 94 с.
7. Шалимова, К.В. Физика полупроводников. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2010. — 384 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/648> — Загл. с экрана.
8. Троян, П.Е. Твердотельная электроника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2008. — 330 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4966> — Загл. с экрана.
9. Дьяконов, В.П. Сверхскоростная твердотельная электроника. Т. 1: Приборы общего назначения. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: ДМК Пресс, 2013. — 600 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/9121> — Загл. с экрана.
10. Дьяконов, В.П. Сверхскоростная твердотельная электроника. Т. 2: Приборы специального назначения. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: ДМК Пресс, 2013. — 576 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/9122> — Загл. с экрана.
11. О.В. Миловзоров, И.Г. Панков. Электроника. Учебник для вузов 4-е изд., стер. - М.: ВШ. 2008. (Электронный учебник в библиотеке КБГУ, режим доступа <http://lib.kbsu.ru>).
12. А.Л. Марченко. Основы электроники, уч. пос. для вузов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан - изд. ДМК Пресс. 2000. - ЭБС «КнигаФонд» - Режим доступа: <http://www.knigafund.ru>
13. Н.М. Тугов и др. Полупроводниковые приборы. - М.: Энергоатомиздат. 1996.

Периодические издания

Перечень периодических изданий, получаемых библиотекой КБГУ, в которых студент может ознакомиться с современными достижениями в области электроники, микро и нанoeлектроники:

- Физика. (Физика полупроводниковых проводников и диэлектриков, квантовая электроника). Известия ВУЗов.
- Электроника.
- Физика и технология полупроводников.
- Микроэлектроника.
- Квантовая электроника.

Интернет-ресурсы

1. <http://www.Russianelectronics.ru> -портал «Время электроники»
2. <http://www.platan.ru>— каталог электронных компонентов
3. <http://metodist.lbz.ru/iumk/nano/lections.php>- видеоролики по нанотехнологии
4. <http://nano.fcior.edu.ru>— каталог научно- образовательных ресурсов для nanoиндустрии.
5. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>
6. Российская национальная библиотека <http://www.nsl.ru>
7. Всероссийская государственная библиотека иностранной литературы им М.И. Рудомино <http://www/libfl.ru>
8. Библиотека Академии наук <http://www.ras.ru>.
9. Библиотека РАН по естественным наукам <http://www.benran.ru>.
10. Государственная публичная научно-техническая библиотека <http://www.gpntb.ru>
11. Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения РАН <http://www/spsl.nsc.ru/>
12. Центральная научная библиотека Дальневосточного отделения РАН <http://lib.febras.ru>
13. Центральная научная библиотека Уральского отделения РАН <http://www.uran.ru>
14. Библиотека конгресса <http://www.loc.gov/index.html>
15. Британская национальная библиотека <http://www.bl.uk>
16. Французская национальная библиотека <http://www.bnf.fr>.
17. Немецкая национальная библиотека <http://www.ddb.de>

18. Библиотечная сеть учреждений науки и образования RUSLANet <http://www.ruslan.ru:800/rus/rcls/resources>
19. Центральная городская универсальная библиотека им. В. Маяковского <http://www.pl.spb.ru>
20. Научная библиотека им. М. Горького Санкт-Петербургского Государственного университета (СПбГУ) <http://www.lib.pu.ru>
21. Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Политехнического университета (СПбГПУ) <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/>

. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

1. Аспиранты имеют доступ к единому образовательному portalу, где могут в открытом доступе пользоваться ресурсами учебно-методической литературы, являющимися разработками ведущих ВУЗОВ России.
2. Для рейтингового контроля используется система компьютерного тестирования на базе программного обеспечения Moodle.
4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерные классы с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа оснащена мультимедийным проектором и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Аспиранты имеют через Интернет доступ к единому образовательному portalу, где в открытом доступе имеются ресурсы учебно-методической литературы, являющиеся разработками ведущих ВУЗОВ России.

9.Лист изменений (дополнений)
в рабочей программе дисциплины (модуля)
«Твердотельная электроника» по направлению подготовки
11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи»

Направленность подготовки

05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах»
на 20 – 20 учебный год

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений	Примечание

*Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры
электроники и цифровых информационных технологий,
протокол № _____ от «___» _____ 20 г.*

Заведующий кафедрой

_____ / Р.Ш. Тешев _____ /
подпись расшифровка подписи дата