

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Микро- и нанoeлектроники»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Б1.В.ДВ.02.01 «ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ»

Направление подготовки
11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль) подготовки
Радиофотоника

Уровень подготовки
бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

1. ПАСПОРТ ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной профессиональной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций обучающихся целям и требованиям основной профессиональной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимися в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в ходе выполнения индивидуальных заданий на практических занятиях. При оценивании результатов освоения практических занятий применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество практических занятий и их тематика определена рабочей программой дисциплины, утвержденной заведующим кафедрой.

Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленного для заданного раздела дисциплины.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением теоретического зачета. Форма проведения зачета – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включаются два теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п.

Перечень основных задач профессиональной деятельности выпускников (по типам)

Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда)	Типы задач профессиональной деятельности	Задачи профессиональной деятельности	Объекты профессиональной деятельности (или области знания)
25.027 Специалист по разработке аппаратуры бортовых космических систем	научно - исследовательский	Анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; Моделирование объектов и процессов, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;	Радиотехнические системы, комплексы и устройства, методы и средства их моделирования, экспериментальной отработки.

		Участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике; Обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств; Составление обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований; Организация защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок.	
25.027 Специалист по разработке аппаратуры бортовых космических систем	проектный	Проведение предварительного технико-экономического обоснования проектов радиотехнических устройств и систем; Сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем; Расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; Разработка проектной и технической документации, Оформление законченных проектно-конструкторских работ; Контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.	Радиотехнические системы, комплексы и устройства, методы и средства их проектирования, подготовки к производству и технического обслуживания.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача ПД	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Обоснование (ПС, анализ опыта)
-----------	---------------------------	---	---	--------------------------------

Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; Моделирование объектов и процессов, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ; Участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике; Обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств; Составление обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований; Организация защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок.	Радиотехнические системы, комплексы и устройства, методы и средства их моделирования, экспериментальной отработки.	ПК-2. Способен проводить исследование модернизируемых функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов	ИД-1_{ПК-2} Выполняет расчет электрических режимов компонентной базы бортовой аппаратуры космических аппаратов ИД-2_{ПК-2} Проводит измерения режимов работы элементов бортовой аппаратуры космических аппаратов	25.027 Специалист по разработке аппаратуры бортовых космических систем
Тип задач профессиональной деятельности: проектный				
Проведение предварительного технико-экономического обоснования проектов радиотехнических устройств и систем; Сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем; Расчет и проектирование	Радиотехнические системы, комплексы и устройства, методы и средства их проектирования, подготовки к производству и технического обслуживания.	ПК-5. Способен проводить расчеты для разработки функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов	ИД-1_{ПК-5} Анализирует входные данные для выполнения расчетов при разработке функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов ИД-2_{ПК-5} Проводит расчеты деталей, функциональных	25.027 Специалист по разработке аппаратуры бортовых космических систем

деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; Разработка проектной и технической документации, Оформление законченных проектно-конструкторских работ; Контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.			узлов, электрических режимов бортовой аппаратуры космических аппаратов по электрическим и технологическим параметрам	
--	--	--	--	--

Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Темы лекционных занятий	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма контроля
1	Общие сведения о дисциплине. Полупроводниковые материалы. Глубокая очистка материалов. Синтез полупроводниковых соединений.	2	ПК-2 ПК-5	экзамен
2	Технология полупроводниковых монокристаллов. Метод Чохральского. Метод зонной плавки.	2	ПК-2 ПК-5	экзамен
3	Механическая обработка материалов: резка, скрайбирование, шлифовка, полировка.	2	ПК-2 ПК-5	экзамен
4	Химическая обработка материалов.	2	ПК-2 ПК-5	экзамен
5	Методы эпитаксиального осаждения. Особенности эпитаксии кремния, герма-	2	ПК-2	экзамен

	ния, арсенида галлия. Эпитаксия из жидкой фазы. Эпитаксия из газовой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия.		ПК-5	
6	Диэлектрические пленки. Окисление кремния. Осаждение диэлектрических пленок.	2	ПК-2 ПК-5	экзамен
7	Фотолитография. Фоторезисты. Фотошаблоны и способы их получения. Рентгеновская фотолитография. Электронно-лучевая литография.	4	ПК-2 ПК-5	экзамен
8	Диффузия. Распределение примеси при диффузии. Методы расчета диффузионных структур.	3	ПК-2 ПК-5	экзамен
9	Ионная имплантация. Технологические особенности ионной имплантации. Методы расчета ионно-имплантированных структур.	3	ПК-2 ПК-5	экзамен
10	Получение структур методом напыления. Термическое испарение в вакууме. Катодное распыление. Ионно-плазменное распыление. Изготовление межэлементных соединений. Защита поверхности полупроводниковых структур.	2	ПК-2 ПК-5	экзамен

Промежуточная аттестация по дисциплине

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Физика полупроводников» является экзамен

Перечень оценочных средств используемых для текущей аттестации

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
КР1	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
Т1	Тест №1	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

Шкала оценки образовательных достижений

Контрольная работа №1 (КР1)

Каждая из трёх задач оценивается максимально в 6 баллов, максимальный балл – 18, минимальный положительный – 12

Тестовое задание №1 (Т1)

За каждое верный ответ начисляется 2 балла. Максимальный балл – 16, минимальный балл, который необходимо набрать, равен 10.

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Оценка по 5-балльной шкале – оценка по ECTS	Сумма баллов за разделы	Требования к знаниям на экзамене
«отлично» – A	90 ÷ 100	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
«хорошо» – D, C, B	70 ÷ 89	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
«удовлетворительно» –	60 ÷ 69	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала.

<i>E, D</i>		ла, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
«неудовлетворительно» – <i>F</i>	менее 60	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ для оценки знаний (З), умений (У) и навыков (В)

2.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Ниже приведен перечень оценочных средств, используемых при проведении текущего контроля успеваемости студентов.

...

2.1.1 КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1 (КР1)

Вариант 1.

1. Найти выражение для электрического тока в полупроводнике, считая его изотропной средой, если время релаксации — величина постоянная и имеются носители тока обоих знаков, их концентрации известны.
2. Найти положение уровня Ферми в кремнии относительно середины щели при $T=300\text{ K}$, полагая эффективную массу плотности состояний для электронов $m_e=1.08m_0$, для дырок - $m_e=0.56m_0$, m_0 – масса электрона,
3. Найти зависимость $\omega(k)$ для акустической ветви колебаний и скорость звука для цепочки двухатомных молекул, считая массы атомов известными (m_1 и m_2), коэффициент квазиупругой силы для всех связей - β , расстояние между центрами соседних молекул - a .

Вариант 2.

1. Для полупроводника с кубической решёткой (a – постоянная решётки) и интегралом перекрытия электронных волновых функций соседних состояний I найти эффективную массу электронов при малых значениях волнового числа. Построить (качественно) зависимость эффективной массы от волнового числа (или квазиимпульса) для первой зоны Бриллюэна.
2. Вычислить собственную концентрацию электронов в зоне проводимости германия при температуре $T=300\text{ K}$, считая эффективную массу электронов $m_e=0.56m_0$, m_0 – масса электрона, $E_g = 0.80\text{ эВ}$ – ширина щели. Считать, что уровень Ферми находится в середине запрещённой зоны.
3. Найти спектр колебаний $\omega(k)$ для оптической ветви колебаний и максимальную частоту колебаний ω_0 для цепочки двухатомных молекул, считая массы атомов известными (m_1 и m_2), коэффициент квазиупругой силы для всех связей – β , расстояние между центрами соседних молекул - a .

...

2.1.2 ТЕСТ №1 (Т1)

Тестовое задание по разделу 2:

- выполняется за 15 мин.,
- состоит из двух вариантов по 8 вопросов в каждом;

Вариант 1

1. Решением кинетического уравнения Больцмана является
 - а) квазиуровень Ферми
 - б) концентрация носителей заряда
 - в) неравновесная функция распределения носителей по координатам и импульсам
 - г) подвижность носителей заряда
2. Время релаксации в кинетическом уравнении Больцмана входит в
 - а) полевой член
 - б) интеграл столкновений
 - в) диффузионный член
 - г) равновесную функцию распределения
3. Максвелловское время релаксации носителей заряда - это
 - а) характерное время релаксации импульса неравновесных носителей
 - б) характерное время релаксации энергии неравновесных носителей
 - в) время компенсации объёмного заряда неравновесных носителей
 - г) Время диффузии неравновесных носителей через слой полупроводника
4. Для вычисления подвижности носителей заряда в кристаллических полупроводниках надо
 - а) умножить коэффициент диффузии на среднюю тепловую энергию и поделить на заряд носителя
 - б) выполнить усреднение скорости носителей с равновесной функцией распределения по энергии
 - в) умножить среднюю скорость носителей на напряжённость электрического поля
 - г) выполнить усреднение скорости носителей с неравновесной функцией распределения в пространстве импульсов
5. Почему время жизни неравновесных носителей после окончания их биполярной генерации относительно бимолекулярной рекомбинации зависит от времени?
 - а) концентрация неравновесных носителей много больше, чем равновесных
 - б) концентрация неравновесных носителей зависит от времени
 - в) меняется соотношение концентраций неравновесных и равновесных дырок или электронов
 - г) меняется соотношение концентраций неравновесных дырок и электронов
6. Система уравнений многократного захвата и освобождения носителей включает в себя
 - а) Кинетическое уравнение Больцмана

- б) уравнение, связывающее полную концентрацию и концентрацию локализованных носителей
- в) уравнение Бернулли
- г) Уравнение дрейфа-диффузии для полной концентрации в неравновесном режиме переноса.

7. Для вычисления подвижности носителей заряда в неупорядоченных полупроводниках с квазинепрерывным распределением ловушек по энергии в квазиравновесном режиме переноса надо

- а) взять среднее значение частоты освобождения носителей с энергетическим распределением заполненных ловушек
- б) взять среднее значение частоты освобождения носителей с энергетическим распределением ловушек
- в) взять среднее значение времени освобождения носителей с энергетическим распределением ловушек
- г) взять среднее значение времени освобождения носителей с энергетическим распределением заполненных ловушек

8. В случае прыжкового транспорта в системе только с пространственным беспорядком (R-протекание) длина прыжка R , обеспечивающая протекание, определяется из условия

- а) внутри сферы радиуса R с центром в исходном состоянии находится в среднем одно соседнее состояние
- б) R – это наибольшая длина прыжка, после которого исходное состояние является ближайшим соседом
- в) вероятность того, что ближайший сосед находится на расстоянии меньше R , равна $1/2$
- г) на расстоянии не более R от исходного состояния в среднем находится определённое число $V > 1$ состояний.

Ответ

1	2	3	4	5	6	7	8
в	б	в	г	а	б	а	г

Вариант 2

1. Стационарное решение кинетического уравнения Больцмана в приближении времени релаксации зависит от

- а) импульса и энергии носителей
- б) только от энергии носителей
- в) только от импульса носителей
- г) от времени

2. Время релаксации при рассеянии на ионах примеси

- а) убывает с ростом энергии носителей по экспоненциальному закону
- б) растёт с ростом энергии носителей по экспоненциальному закону
- в) убывает с ростом энергии носителей по степенному закону
- г) растёт с ростом энергии носителей по степенному закону

3. При инжекции дырок в полупроводник

- а) повышается квазиуровень Ферми для дырок
 - б) нарушается соотношение Эйнштейна между подвижностью и коэффициентом диффузии дырок
 - в) изменяется подвижность дырок
 - г) растёт ширина запрещённой зоны
4. Подвижность электронов в кристаллическом полупроводнике уменьшается с ростом температуры
- а) потому что преобладает рассеяние на ионах примеси
 - б) вследствие преобладания рассеяния на тепловых колебаниях решётки
 - в) потому что возрастает концентрация электронов в зоне
 - г) так как растёт время релаксации
5. Чтобы вычислить время жизни носителей при рекомбинации через ловушки, надо применить непосредственно
- а) уравнение непрерывности
 - б) кинетическое уравнение Больцмана
 - в) условие локальной электронейтральности
 - г) закон сохранения энергии
6. Решением уравнения баланса для прыжкового переноса в общем случае является
- а) Функция распределения Ферми
 - б) Распределение локализованных носителей по энергии
 - в) Относительный вклад состояний с данной энергией в подвижность
 - г) Вероятность заполнения локализованных состояний
7. Дрейфовая подвижность носителей в сильно неравновесном режиме вычисляется из условия
- а) переходный ток равен половине максимального значения
 - б) средняя координата пакета носителей равна толщине слоя
 - в) передний фронт пакета носителей проходит расстояние, равное толщине слоя
 - г) все генерированные носители покидают слой исследуемого материала
8. Критерий связей в теории протекания для прыжкового переноса, вообще говоря, состоит в том, что
- а) времена перехода между состояниями не меньше определённой величины
 - б) расстояния между состояниями не больше определённой величины
 - в) темпы перехода между состояниями не меньше определённой величины
 - г) разница энергий между состояниями не больше определённой величины

Ответ

1	2	3	4	5	6	7	8
а	г	а	б	в	г	б	в

2.2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ РУБЕЖНОГО КОНТРОЛЯ

КИ-8. Итоговые баллы за 1 раздел складываются из: 1) результатов контрольной работы КР1 (максимально- 18 баллов, минимально – 12), результатов контроля посещаемости (одно занятие - один балл, максимум 8 баллов). Если сумма превышает 25 баллов- выставляется 25. Минимальный балл, при котором раздел аттестуется – 15.

КИ-16. Итоговые баллы за 2 раздел складываются из: 1) результатов тестового опроса Т1 (макс. балл- 16, минимальный – 10), результатов контроля посещаемости (одно занятие - один балл, максимум 8 баллов), и результатов оценки работы студента в интерактивном режиме (до 1 балла за занятие). Если сумма превышает 25 баллов- выставляется 25. Минимальный балл, при котором раздел аттестуется – 15.

2.3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.3.1 ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Особенности структуры кристаллических и аморфных полупроводников
2. Зонная теория полупроводников. Закон дисперсии
3. Эффективная масса электронов и дырок.
4. Акустические колебания (зависимость частоты от волнового числа)
5. Оптические колебания (зависимость частоты от волнового числа)
6. Теплоёмкость полупроводника согласно модели Дебая.
7. Плотность электронных (дырочных) состояний в собственном и примесном полупроводнике
8. Концентрация электронов в зоне проводимости собственного полупроводника. Заселённость донорных и акцепторных состояний
9. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Уровень Ферми в собственном невырожденном полупроводнике.
10. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Уровень Ферми в донорном полупроводнике в зависимости от температуры и концентрации примеси.
11. Неравновесная функция распределения носителей заряда.
12. Решение кинетического уравнения Больцмана в приближении времени релаксации.
13. Рассеяние носителей заряда на длинноволновых акустических фононах.
14. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры.
15. Эффект Холла в полупроводниках.
16. Термоэлектрические явления.
17. Квазиуровень Ферми. Максвелловское время релаксации.
18. Механизмы рекомбинации: межзонная, через ловушки. Центры рекомбинации.
19. Локализация носителей заряда. Волновые функции локализованных носителей.
20. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда в полупроводниках.
21. Подвижность и коэффициент диффузии. Соотношение Эйнштейна.
22. Внутренний фотоэффект. Эффективность фотогенерации.
23. Мономолекулярная и бимолекулярная рекомбинация.

24. Рекомбинация Ланжевена. Константа рекомбинации.
25. Локализация Андерсона. Край подвижности
26. Подвижность и коэффициент диффузии, контролируемые ловушками.
27. Переходы между локализованными состояниями. Уравнение баланса. Прыжковая проводимость.
28. Понятие транспортного уровня.
29. Понятие о теории протекания и её применение к анализу прыжковой проводимости.

Составитель:

Профессор, д.ф.-м.н. _____ /Никитенко В. Р.

«____» _____ 2020 г.

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

СОГЛАСОВАНО

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Паршин Юрий Николаевич,
Заведующий кафедрой РТУ

13.07.26 12:00 (MSK)

Простая подпись