Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Наименование образовательной программы: Нанотехнология в электронике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Блок:	**Блок 1 «Дисциплины (модули)»**
Часть образовательной программы:	**Обязательная**
№ дисциплины по учебному плану:	**Б1.О.16**
Трудоемкость в зачетных единицах:	**4 семестр - 8;**
Часов (всего) по учебному плану:	**288 часа**
Лекции	**4 семестр - 48 часа;**
Практические занятия	**4 семестр - 32 часа;**
Лабораторные работы	**4 семестр - 32 часа;**
Консультации	**4 семестр - 2 часа;**
Самостоятельная работа	**4 семестр - 173.5 часа;**
в том числе на КП/КР	**не предусмотрено учебным планом**
Иная контактная работа	**проводится в рамках часов аудиторных занятий**
включая: **Контрольная работа** **Лабораторная работа** **Расчетно-графическая работа** **Тестирование**	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	**4 семестр - 0.5 часа;**

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Баринов А.Д. Идентификатор: Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f	А.Д. Баринов
(должность)	(подпись)	(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Холодный Д.С. Идентификатор: R0bac9dac-KholodnyDS-6393810d	Д.С. Холодный
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)
Заведующий выпускающей кафедры	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Славинский А.З. Идентификатор: R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214	А.З. Славинский
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение физических основ и разновидностей полупроводниковых приборов при создании элементов и устройств электроники и наноэлектроники.

Задачи дисциплины

- освоение способности учитывать свойства полупроводниковых материалов и структур на их основе, применяемых в приборах и устройствах электроники и наноэлектроники современные тенденции развития электроники;;
- освоение способности строить простейшие физические и математические модели полупроводниковых приборов;;
- развитие способности аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводниковых приборов..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИД-2$_{ОПК-1}$ Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	знать: - физическую и математическую модель полевых транзисторов, их принцип работы; - физическую и математическую модель биполярного транзистора, его принцип работы; - физическую и математическую модель диода, его принцип работы; - основные параметры и физические свойства полупроводниковых материалов; - физическую и математическую модель силовых и специализированных полупроводниковых приборов, их принцип работы. уметь: - рассчитывать параметры и вольт-амперные характеристики полупроводниковых приборов; - объяснять на основе физических процессов вольт-амперные характеристики полупроводниковых приборов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнология в электронике (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать – методы решения дифференциальных уравнений второго порядка;
- знать – свойства полупроводниковых материалов;
- знать – методы расчёта электрических цепей;
- уметь – решать дифференциальные уравнения второго порядка;
- уметь – рассчитывать простейшие электрические цепи с линейными элементами;
- уметь – видеть и понимать физический смысл различных выражений, описывающих свойства полупроводниковых материалов и приборов.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа								СР		
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
							КПР	ГК	ИККП	ТК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основные понятия твердотельной электроники	16	4	8	-	-	-	-	-	-	-	8	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Изучение рекомендованной литературы ***Подготовка к текущему контролю:*** Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], стр. 8-32
1.1	Введение	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Зонная теория твердого тела	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2	Полупроводниковые материалы	31		10	-	6	-	-	-	-	-	15	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Изучение рекомендованной литературы ***Подготовка домашнего задания:*** Выполнение домашнего задания в виде решения задач по теме ***Подготовка к текущему контролю:*** Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], стр. 33 - 72 [2], стр. 3 -5, 13 - 15
2.1	Собственные и легированные полупроводники	12		4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
2.2	Проводимость полупроводников	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
2.3	Неравновесные электронные процессы	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
2.4	Диффузионные и дрейфовые токи	7		2	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
3	Контактные явления	5.0		2.0	-	-	-	-	-	-	-	3.0	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Изучение рекомендованной литературы ***Подготовка к текущему контролю:*** Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], стр. 87 - 100
3.1	Барьер на границе металла с полупроводником	1.5		0.5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
3.2	Контакт электронного и дырочного полупроводников	1.5		0.5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
3.3	МДП-структура	1.0		0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	

3.4	Емкостные свойства	1.0		0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	
4	Полупроводниковые диоды	56		6	12	8	-	-	-	-	-	30	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Изучение рекомендованной литературы, методических материалов к РЗ. ***Подготовка домашнего задания:*** Выполнение домашнего задания в виде решения задач по теме ***Подготовка к текущему контролю:*** Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы ***Подготовка расчетных заданий:*** Выполнить п. 1.г, и 1.д, 1.е и 1.ж, 2 РЗ. ***Проведение исследований:*** Подготовка к лабораторным работам № 1 и 2. ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], стр. 100 - 134 [2], стр. 3 - 16 [3], с. 266 - 282
4.1	Вольт-амперные характеристики	28		3	6	4	-	-	-	-	-	15	-	
4.2	Полупроводниковый диод	28		3	6	4	-	-	-	-	-	15	-	
5	Биполярные транзисторы и тиристоры	59		6	12	11	-	-	-	-	-	30	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Изучение рекомендованной литературы ***Подготовка домашнего задания:*** Выполнение домашнего задания в виде решения задач по теме ***Подготовка к текущему контролю:*** Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы ***Проведение эксперимента:*** Подготовка к лабораторным работам № 3 и 4. ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], стр. 135 - 146, стр. 217 - 237 [2], стр. 16 - 26
5.1	Биполярные транзисторы	46		4	12	10	-	-	-	-	-	20	-	
5.2	Тиристор	13		2	-	1	-	-	-	-	-	10	-	
6	Униполярные транзисторы	42		6	8	6	-	-	-	-	-	22	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Изучение рекомендованной литературы ***Подготовка домашнего задания:*** Выполнение домашнего задания в виде решения задач по теме ***Подготовка к текущему контролю:***
6.1	ПТУП	19		3	4	2	-	-	-	-	-	10	-	
6.2	МДП-транзистор	23		3	4	4	-	-	-	-	-	12	-	

														Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы ***Проведение эксперимента:*** Подготовка к лабораторным работам № 5 и 6. ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], стр. 146 - 159 [2], стр. 27 - 37
7	Силовые полупроводниковые приборы	20		2	-	-	-	-	-	-	-	18	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Изучение рекомендованной литературы ***Подготовка к текущему контролю:*** Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], стр. 237 - 257
7.1	Силовые МОП ПТ (MOSFET)	10		1	-	-	-	-	-	-	-	9	-	
7.2	БТИЗ (IGBT)	10		1	-	-	-	-	-	-	-	9	-	
8	Специализированные приборы	23		8	-	1	-	-	-	-	-	14	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Изучение рекомендованной литературы ***Подготовка к текущему контролю:*** Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], стр. 258 - 286
8.1	Фоторезисторы	11		4	-	1	-	-	-	-	-	6	-	
8.2	Фотодиоды	6		2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
8.3	Светодиоды и полупроводниковые лазеры	6		2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	**288.0**		**48.0**	**32**	**32**	**-**	**2**	**-**	**-**	**0.5**	**140.0**	**33.5**	
	Итого за семестр	**288.0**		**48.0**	**32**	**32**	**2**		**-**		**0.5**	**173.5**		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основные понятия твердотельной электроники

1.1. Введение

Задачи курса. Симметрия и структура кристаллов. Движение электронов в атоме. Постулаты Бора. Квантовые числа. Уравнение Шрёдингера, волновая функция. Конкретные примеры решения уравнения Шредингера. Туннельный эффект. Теорема Паули.

1.2. Зонная теория твердого тела

Зонная теория. Образование энергетических зон в упрощенной модели кристалла. Граничные условия Борна – Кармана. Решетки Браве. Теорема Блоха. Обратная решетка. Понятие эффективной массы. Ячейки Вигнера –Зейтца́. Зоны Бриллюэна. Зависимость энергии от квазиимпульса для электрона в решетке. Энергетические зоны. Эффективная масса. Температурная зависимость ширины запрещенной зоны.

2. Полупроводниковые материалы

2.1. Собственные и легированные полупроводники

Собственный полупроводник. Уравнение электронейтральности. Положение уровня Ферми в собственном полупроводнике. Дефекты в полупроводниках. Статистика электронов и дырок. Генерация и рекомбинация. Время жизни носителей. Заполнение зон электронами в случае вырожденного полупроводника. Заполнение зон электронами в случае невырожденного полупроводника. Электропроводность собственных полупроводников и ее зависимость от температуры. Донорный и акцепторный полупроводники. Уравнение электронейтральности. Зависимость от температуры концентрации носителей заряда и положения уровня Ферми. Тепловая и дрейфовая скорость. Длина свободного пробега, время свободного пробега.

2.2. Проводимость полупроводников

Рассеяние. Подвижность электронов и дырок. Зависимость подвижности от температуры. Понятие фононов. Проводимость полупроводников и ее зависимость от температуры. Определение ширины запрещенной зоны по температурной зависимости электропроводности. Закон Ома в дифференциальном виде.

2.3. Неравновесные электронные процессы

Неравновесные носители заряда. Генерационно-рекомбинационные процессы. Максвелловское время релаксации. Время жизни носителей заряда. Уравнение непрерывности. Механизмы рекомбинации. Скорость поверхностной рекомбинации. Эффект Холла.

2.4. Диффузионные и дрейфовые токи

Диффузионные и дрейфовые токи. Неравновесные носители заряда в электрическом поле. Уравнение Пуассона. Уравнением электронейтральности. Уравнение непрерывности тока.

3. Контактные явления

3.1. Барьер на границе металла с полупроводником

Барьер Шоттки. Диод Шоттки. Выпрямление тока на контакте металла с полупроводником.

3.2. Контакт электронного и дырочного полупроводников

Возникновение потенциального барьера. Контактная разность потенциалов. Инжекция и экстракция. Энергетические диаграммы pn-перехода при нулевом смещении. Область пространственного заряда. Распределение концентрации носителей при нулевом, прямом и обратном смещениях. ВАХ pn-перехода. Энергетические диаграммы pn-перехода при прямом и обратном смещениях. Расчет ВАХ. Оценка величин.

3.3. МДП-структура

Основы физики МДП–структуры. Режимы обогащения, обеднения и инверсии. Вольт-фарадные методы исследования границ раздела.

3.4. Емкостные свойства

Емкость барьера Шоттки. Емкость pn–перехода. Генерационно-рекомбинационные процессы в ОПЗ. Барьерная и диффузионная емкость pn-перехода.

4. Полупроводниковые диоды

4.1. Вольт-амперные характеристики

Вольт-амперные характеристики. Пробой pn-перехода. Влияние сопротивление базы на ВАХ pn-перехода. Температурные зависимости.

4.2. Полупроводниковый диод

Полупроводниковый диод. Характеристическое сопротивление диода. Переходные процессы в полупроводниковых диодах. Выпрямление на полупроводниковом диоде. Разновидности полупроводниковых диодов, основные параметры и характеристики, области применения. Корпусирование. Теплоотвод. Варикап.

5. Биполярные транзисторы и тиристоры

5.1. Биполярные транзисторы

Обозначения. Схемы включения. Включение транзистора по схеме с общей базой. Распределение концентрации неосновных носителей в базе. Вывод выражений для коэффициента передачи по току в схеме с ОБ. Статические ВАХ транзистора по схеме с ОБ.. Статические ВАХ транзистора по схеме с ОЭ. Усиление по току. Дифференциальные параметры биполярного транзистора. Температурная зависимость параметров биполярного транзистора. Работа транзистора в режиме ключа. Работа транзистора в усилительном каскаде. Параметры транзистора как четырехполюсника. R, g и h-параметры. П-образные схемы замещения транзистора. Формулы Эберса-Молла. Виды биполярных транзисторов.

5.2. Тиристор

Энергетические диаграммы. ВАХ динистора. Коэффициенты усиления тиристора. Виды тиристоров.

6. Униполярные транзисторы

6.1. ПТУП

Принцип работы. Вольт-амперная характеристика.

6.2. МДП-транзистор

Принцип работы. Вольт-амперная характеристика. Схемы включения.

7. Силовые полупроводниковые приборы

7.1. Силовые МОП ПТ (MOSFET)

Силовые полупроводниковые приборы. История развития, вклад российских ученых. Принцип работы. Вольт-амперные характеристики. Применение и перспективы.

7.2. БТИЗ (IGBT)

Принцип работы. Вольт-амперные характеристики. Применение и перспективы.

8. Специализированные приборы

8.1. Фоторезисторы

Собственные фоторезисторы. Примесные фоторезисторы.

8.2. Фотодиоды

Фотодиоды на pn-переходе. Фотодиоды с pin-структурой. Лавинные фотодиоды. Фотодиоды Шоттки.

8.3. Светодиоды и полупроводниковые лазеры

Светодиоды. Полупроводниковые лазеры.

3.3. Темы практических занятий

1. ПТУП. Расчёт сопротивления канала, напряжения отсечки, крутизны;
2. Решение задач на расчёт рабочей точки (точки покоя);
3. Биполярный транзистор. Расстановка полюсов источников напряжения. Пример расчёта простейшей схемы (общая база);
4. Анализ контрольной работы. Биполярный транзистор. Уравнения ВАХ для ОБ и ОЭ из модели Эберса-Молла. Коэффициенты инжекции, переноса и передачи тока;
5. Диод в электрических схемах. Емкостные свойства pn–перехода;
6. Температурные зависимости параметров полупроводника;
7. Анализ контрольной работы. pn–переход. Полупроводниковый диод;
8. МДП-транзистор. Расчёт параметров транзистора. Транзистор в электрических схемах;
9. Собственный, донорный и акцепторный полупроводники. Основные и неосновные носители заряда;
10. Предмет электроники. Движение носителей заряда в твёрдом теле. Подвижность. Удельная электропроводность. Дрейф и диффузия носителей заряда;
11. Диод в электрических схемах. Статическое и динамическое сопротивления диода;
12. Динистор и симистор, тиристор. Принцип работы. Зонные диаграммы тиристора. Барьер Шоттки. Диод Шоттки. Принцип работы.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование статических вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов;
2. Исследование температурной зависимости статических вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов;
3. Изучение статических характеристик биполярного транзистора, включенного по схеме с общей базой;
4. Изучение статических характеристик биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером;

5. Исследование статических характеристик полевого транзистора с управляющим pn–переходом;
6. Исследование статических характеристик полевого транзистора с МДП–структурой.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации направлены на разъяснение понятий, вызвавших вопросы студентов. Консультации проводит преподаватель МЭИ, ответственный за организацию работы по текущему контролю результатов освоение программы студентом
2. Консультации направлены на разъяснение понятий, вызвавших вопросы студентов. Консультации проводит преподаватель МЭИ, ответственный за организацию работы по текущему контролю результатов освоение программы студентом
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Контактные явления": контакт металл/полупроводник; pn-переход
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела: параметры и характеристики полупроводниковых диодов
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела: параметры и характеристики полупроводниковых транзисторов и их применение
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела: параметры и характеристики полупроводниковых униполярных транзисторов
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела: параметры и характеристики силовых полупроводниковых транзисторов
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела: параметры и характеристики специализированных полупроводниковыхприборов

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Знать:										
физическую и математическую модель силовых и специализированных полупроводниковых приборов, их принцип работы	ИД-2$_{ОПК-1}$					+		+	+	Тестирование/Тест № 2. Силовые полупроводниковые приборы Тестирование/Тест № 3. Специализированные приборы
основные параметры и физические свойства полупроводниковых материалов	ИД-2$_{ОПК-1}$	+	+							Контрольная работа/Контрольная работа № 1. Полупроводниковые материалы
физическую и математическую модель диода, его принцип работы	ИД-2$_{ОПК-1}$			+	+					Контрольная работа/Контрольная работа № 2. Полупроводниковый диод Лабораторная работа/Лабораторная работа № 1. Исследование статических вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов Лабораторная работа/Лабораторная работа № 2. Исследование температурной зависимости статических вольт-амперных характеристик полупроводникового диода
физическую и математическую модель биполярного транзистора, его принцип работы	ИД-2$_{ОПК-1}$					+				Контрольная работа/Контрольная работа № 3. Биполярный транзистор Лабораторная работа/Лабораторная работа № 3. Исследование статических характеристик биполярного транзистора, включённого по схеме с общей базой Лабораторная работа/Лабораторная работа № 4. Исследование статических характеристик биполярного транзистора, включённого по схеме

										с общим эмиттером
физическую и математическую модель полевых транзисторов, их принцип работы	ИД-2$_{ОПК-1}$			+			+			Лабораторная работа/Лабораторная работа № 5. Исследование статических характеристик полевого транзистора с управляющим pn-переходом Лабораторная работа/Лабораторная работа № 6. Исследование статических характеристик полевого транзистора с МДП-структурой Тестирование/Тест № 1. Полевые транзисторы
Уметь:										
объяснять на основе физических процессов вольт-амперные характеристики полупроводниковых приборов	ИД-2$_{ОПК-1}$				+	+	+			Контрольная работа/Контрольная работа № 2. Полупроводниковый диод Лабораторная работа/Лабораторная работа № 2. Исследование температурной зависимости статических вольт-амперных характеристик полупроводникового диода
рассчитывать параметры и вольт-амперные характеристики полупроводниковых приборов	ИД-2$_{ОПК-1}$				+	+	+			Контрольная работа/Контрольная работа № 1. Полупроводниковые материалы Контрольная работа/Контрольная работа № 2. Полупроводниковый диод Контрольная работа/Контрольная работа № 3. Биполярный транзистор Расчетно-графическая работа/Расчётное задание № 1. Расчёт вольт-амперной характеристики диода Расчетно-графическая работа/Расчётное задание № 2. Расчёт характеристик диода

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

4 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Контрольная работа № 1. Полупроводниковые материалы (Контрольная работа)
2. Контрольная работа № 2. Полупроводниковый диод (Контрольная работа)
3. Контрольная работа № 3. Биполярный транзистор (Контрольная работа)
4. Тест № 1. Полевые транзисторы (Тестирование)
5. Тест № 2. Силовые полупроводниковые приборы (Тестирование)
6. Тест № 3. Специализированные приборы (Тестирование)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Расчётное задание № 1. Расчёт вольт-амперной характеристики диода (Расчетно-графическая работа)
2. Расчётное задание № 2. Расчёт характеристик диода (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Лабораторная работа № 1. Исследование статических вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа № 2. Исследование температурной зависимости статических вольт-амперных характеристик полупроводникового диода (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа № 3. Исследование статических характеристик биполярного транзистора, включённого по схеме с общей базой (Лабораторная работа)
4. Лабораторная работа № 4. Исследование статических характеристик биполярного транзистора, включённого по схеме с общим эмиттером (Лабораторная работа)
5. Лабораторная работа № 5. Исследование статических характеристик полевого транзистора с управляющим pn-переходом (Лабораторная работа)
6. Лабораторная работа № 6. Исследование статических характеристик полевого транзистора с МДП-структурой (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №4)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе (БАРС) для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Воронков, Э. Н. Твердотельная электроника. Практикум : учебное пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / Э. Н. Воронков . – М. : АКАДЕМИЯ, 2010 . – 128 с. – (Высшее профессиональное образование) . - ISBN 978-5-7695-4218-3 .;

2. Мирошникова, И. Н. Физические основы электроники. Твердотельная электроника. Лабораторные работы : методическое пособие по курсу "Физические основы электроники" по направлению "Электроника и наноэлектроника" / И. Н. Мирошникова, О. Б. Сарач, Б. Н. Мирошников, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2014 . – 48 с. http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7022;
3. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова . – 4-е изд., стер . – М. : Лань-Пресс, 2010 . – 400 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-0922-8 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. MathCad.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:
1. **ЭБС Лань** - https://e.lanbook.com/
2. **ЭБС "Университетская библиотека онлайн"** - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. **Научная электронная библиотека** - https://elibrary.ru/

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-404, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	К-104, Учебная лаборатория по курсам: «Схемотехника», «Импульсная техника», «Элементы интегральных схем»	стол преподавателя, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, указка, оборудование учебное, кондиционер, стенд лабораторный, стенд учебный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	К-109/2, Кабинет сотрудников каф. "ЭиН"	стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, дипломные и курсовые работы студентов
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-600/1д, Кабинет проектирования "КП"	

Приложение А

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Твердотельная электроника

(название дисциплины)

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Контрольная работа № 1. Полупроводниковые материалы (Контрольная работа)
КМ-2 Лабораторная работа № 1. Исследование статических вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов (Лабораторная работа)
КМ-3 Лабораторная работа № 2. Исследование температурной зависимости статических вольт-амперных характеристик полупроводникового диода (Лабораторная работа)
КМ-4 Контрольная работа № 2. Полупроводниковый диод (Контрольная работа)
КМ-5 Расчётное задание № 1. Расчёт вольт-амперной характеристики диода (Расчетно-графическая работа)
КМ-6 Расчётное задание № 2. Расчёт характеристик диода (Расчетно-графическая работа)
КМ-7 Лабораторная работа № 3. Исследование статических характеристик биполярного транзистора, включённого по схеме с общей базой (Лабораторная работа)
КМ-8 Лабораторная работа № 4. Исследование статических характеристик биполярного транзистора, включённого по схеме с общим эмиттером (Лабораторная работа)
КМ-9 Контрольная работа № 3. Биполярный транзистор (Контрольная работа)
КМ-10 Лабораторная работа № 5. Исследование статических характеристик полевого транзистора с управляющим pn-переходом (Лабораторная работа)
КМ-11 Лабораторная работа № 6. Исследование статических характеристик полевого транзистора с МДП-структурой (Лабораторная работа)
КМ-12 Тест № 1. Полевые транзисторы (Тестирование)
КМ-13 Тест № 2. Силовые полупроводниковые приборы (Тестирование)
КМ-14 Тест № 3. Специализированные приборы (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14
		Неделя КМ:	3	6	6	8	8	12	10	10	12	14	14	15	15	15
1	Основные понятия твердотельной электроники															
1.1	Введение		+													
1.2	Зонная теория твердого тела		+													

2	Полупроводниковые материалы														
2.1	Собственные и легированные полупроводники	+													
2.2	Проводимость полупроводников	+													
2.3	Неравновесные электронные процессы	+													
2.4	Диффузионные и дрейфовые токи	+													
3	Контактные явления														
3.1	Барьер на границе металла с полупроводником		+	+	+										
3.2	Контакт электронного и дырочного полупроводников		+	+	+										
3.3	МДП-структура										+	+	+		
3.4	Емкостные свойства		+	+	+										
4	Полупроводниковые диоды														
4.1	Вольт-амперные характеристики		+	+	+										
4.2	Полупроводниковый диод	+	+	+	+	+	+			+					
5	Биполярные транзисторы и тиристоры														
5.1	Биполярные транзисторы	+		+	+	+	+	+	+	+					
5.2	Тиристор													+	+
6	Униполярные транзисторы														
6.1	ПТУП	+		+	+	+	+			+	+	+	+		

6.2	МДП-транзистор	+		+	+	+	+			+	+	+	+		
7	Силовые полупроводниковые приборы														
7.1	Силовые МОП ПТ (MOSFET)													+	+
7.2	БТИЗ (IGBT)													+	+
8	Специализированные приборы														
8.1	Фоторезисторы													+	+
8.2	Фотодиоды													+	+
8.3	Светодиоды и полупроводниковые лазеры													+	+
	Вес КМ, %:	6	10	10	6	10	10	9	9	6	9	9	2	2	2