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
ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Блок:	**Блок 1 «Дисциплины (модули)»**
Часть образовательной программы:	**Часть, формируемая участниками образовательных отношений**
№ дисциплины по учебному плану:	**Б1.Ч.01.07**
Трудоемкость в зачетных единицах:	**6 семестр - 4; 7 семестр - 5; всего - 9**
Часов (всего) по учебному плану:	**324 часа**
Лекции	**6 семестр - 28 часа; 7 семестр - 32 часа; всего - 60 часов**
Практические занятия	**6 семестр - 14 часов; 7 семестр - 16 часов; всего - 30 часов**
Лабораторные работы	**7 семестр - 16 часов;**
Консультации	**7 семестр - 16 часов;**
Самостоятельная работа	**6 семестр - 99,5 часа; 7 семестр - 93,2 часа; всего - 192,7 часа**
в том числе на КП/КР	**7 семестр - 34,7 часа;**
Иная контактная работа	**7 семестр - 4 часа;**
включая: Тестирование Расчетно-графическая работа Контрольная работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен Защита курсовой работы Экзамен	**6 семестр - 2,5 часа; 7 семестр - 0,3 часа; 7 семестр - 2,5 часа; всего - 5,3 часов**

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Носова Ю.М. Идентификатор: R16b145c9-OzhoginaYM-ed80e726	Ю.М. Носова
(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 методов расчета параметров полупроводниковых структур и применение их при конструировании полупроводниковых приборов и интегральных микросхем

Задачи дисциплины

- Изучение физических явлений и процессов, происходящих в полупроводниковых приборах;
- Ознакомление с технологическими методами производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем;
- Изучение методов расчета параметров полупроводниковых структур и построение их физической и математической моделей;
- Ознакомление с областью применения конкретных полупроводниковых приборов;
- Овладение основами проектирования интегральных микросхем.

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
ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов	ИД-1$_{ПК-1}$ Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов	знать: - основные соотношения полупроводниковой электроники, используемые при проектировании приборов; - физические и математические модели выпрямляющих свойств полупроводниковых приборов; - принципы работы и области применения полупроводниковых приборов, содержащих один p - n переход; - основы технологических методов создания полупроводниковых приборов; - принципы работы и области применения биполярных транзисторов; - принципы работы и области применения полупроводниковых тиристоров; - принципы работы и области применения полупроводниковых приборов на основе МОП структур; - принципы работы ИМС.

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 основы материалов электронной техники
- знать основы теории электрических цепей

- знать основы твердотельной электроники
- знать основы технологии электронной компонентной базы
- знать основы физики полупроводников

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 9 зачетных единиц, 324 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	Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов	26	6	6	-	4	-	-	-	-	-	16	-	***Подготовка расчетных заданий:*** Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: ***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов" ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов" ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], стр. 10-13, 226-235 [2], стр. 20-43, 45-50, 59-85 [3], стр. 9-13, 20-23, 25-33, 378-383, 442-453 [4], стр. 44-63 [6], стр. 7-22, 34-35, 41-42, 59-64, 68
1.1	Основные соотношения полупроводниковой электроники	12		2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
1.2	Основные свойства полупроводников и приборы на их основе	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
2	Контактные явления	38		8	-	6	-	-	-	-	-	24	-	***Подготовка курсовой работы:*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи
2.1	Структура металл –	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	

	полупроводник и приборы на их основе													по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: рассчитать математическую модель p - n перехода. ***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** Изучение материалов по разделу Контактные явления и подготовка к контрольной работе ***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "Контактные явления" ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [1], стр. 366-378 [2], стр. 128-135 [3], стр. 41-58, 65-68, 76-138, 152-156, 428-441 [4], стр. 88-158 [5], стр. 257-267 [9], стр. 6-16
2.2	p – n переход	24		4	-	4	-	-	-	-	-	16	-	
3	Основы технологии производства полупроводниковых приборов	9		2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	***<u>Подготовка к текущему контролю:</u>*** Повторение материала по разделу "Основы технологии производства полупроводниковых приборов" ***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** Изучение материалов по разделу Основы технологии производства полупроводниковых приборов и подготовка к контрольной работе ***<u>Подготовка курсовой работы:</u>*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: определить технологические режимы изготовления полупроводникового прибора. ***<u>Изучение материалов литературных</u>***
3.1	Особенности структуры и технологии изготовления полупроводниковых приборов	9		2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	

														источников: [7], стр. 77-85, 172-193, 202-223
4	Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход	35		12	-	3	-	-	-	-	-	20	-	***Подготовка курсовой работы:*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: рассчитать энергетическую диаграмму полупроводникового выпрямляющего диода, построить ВАХ и ВФХ, определить статические характеристики ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход и подготовка к контрольной работе ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход" ***Изучение материалов литературных источников:*** [3], стр. 138-145, 148-152, 156-171, 173-184 [5], стр. 132-139 [8], стр. 5-33 [9], стр. 16-27
4.1	Виды полупроводниковых диодов	35		12	-	3	-	-	-	-	-	20	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	-	-	-	2.5	-	33.5	
	Всего за семестр	**144.0**		**28**	**-**	**14**	**-**	**-**	**-**	**-**	**2.5**	**66**	**33.5**	
	Итого за семестр	**144.0**		**28**	**-**	**14**	**-**		**-**		**2.5**	**99.5**		
5	Полупроводниковые приборы, содержащие два и более p – n перехода	30	7	10	8	4	-	-	-	-	-	8	-	***Подготовка к лабораторной работе:*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Полупроводниковые приборы, содержащие два и более p – n перехода"
5.1	Биполярные транзисторы	18		8	4	2	-	-	-	-	-	4	-	
5.2	Полупроводниковые тиристоры	12		2	4	2	-	-	-	-	-	4	-	

														материалу. ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу Полупроводниковые приборы, содержащие два и более p – n перехода и подготовка к контрольной работе ***Подготовка курсовой работы:*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: рассчитать энергетическую диаграмму полупроводникового прибора, построить ВАХ и ВФХ, определить статические характеристики ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Полупроводниковые приборы, содержащие два и более p – n перехода" ***Изучение материалов литературных источников:*** [2], стр. 177-202, 205-213 [3], стр. 192-279, 280-300 [4], стр. 175-267 [5], стр. 142-198, 202-247 [7], стр. 22-224 [8], стр. 33-76, 85-87
6	МОП структуры	14		6	-	4	-	-	-	-	-	4	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу МОП структуры и подготовка к контрольной работе ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "МОП структуры" ***Изучение материалов литературных источников:*** [2], стр. 136-176
6.1	МОП конденсатор	4		2	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
6.2	Полевые транзисторы	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
6.3	Приборы с зарядовой связью	4		2	-	1	-	-	-	-	-	1	-	

														[3], стр. 301-331 [4], стр. 136-176 [7], стр. 224-226 [8], стр. 87-97
7	Влияние внешних воздействий на работу полупроводниковых приборов	15		2	8	1	-	-	-	-	-	4	-	***Подготовка к лабораторной работе:*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Влияние внешних воздействий на работу полупроводниковых приборов" материалу. ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу Влияние внешних воздействий на работу полупроводниковых приборов и подготовка к контрольной работе ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Влияние внешних воздействий на работу полупроводниковых приборов" ***Изучение материалов литературных источников:*** [4], стр. 121-122 [8], стр. 76-85
7.1	Влияние внешних воздействий на работу полупроводниковых приборов	15		2	8	1	-	-	-	-	-	4	-	
8	Интегральные микросхемы	30		14	-	7	-	-	-	-	-	9	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу Интегральные микросхемы и подготовка к контрольной работе ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Интегральные микросхемы" ***Изучение материалов литературных источников:*** [2], стр. 243-303 [4], стр. 317-436, 460-507
8.1	ИМС в микроэлектронике	5		3	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
8.2	Пассивные элементы ИМС	7		3	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
8.3	Биполярные ИМС	9		4	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
8.4	ИМС на основе МОП структур	9		4	-	2	-	-	-	-	-	3	-	

														[7], стр. 193-197 [8], стр. 200-253 [9], стр. 29-45, 57-62, 86-118 [10], стр. 16-22
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	-	-	-	2.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	55.0		-	-	-	16	-	4	-	0.3	34.7	-	
	Всего за семестр	**180.0**		**32**	**16**	**16**	**16**	**-**	**4**	**-**	**2.8**	**59.7**	**33.5**	
	Итого за семестр	**180.0**		**32**	**16**	**16**	**16**		**4**		**2.8**	**93.2**		
	ИТОГО	**324.0**	**-**	**60**	**16**	**30**	**16**		**4**		**5.3**	**192.7**		

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. Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов

1.1. Основные соотношения полупроводниковой электроники

Образование энергетических зон в твердом теле. Зонная структура кремния, германия и арсенида галлия. Число эквивалентных минимумов в зоне проводимости, эффективная масса носителей заряда. Статистика свободных носителей заряда.

1.2. Основные свойства полупроводников и приборы на их основе

Собственные и примесные полупроводники. Процессы генерации и рекомбинации свободных носителей заряда, их концентрация и подвижность. Электропроводность полупроводников. Уравнение токов, Пуассона и непрерывности. Фоторезисторы. Полупроводники в магнитном поле, преобразователи Холла и магниторезисторы. Полупроводники в сильных электрических полях, генератор Ганна.

2. Контактные явления

2.1. Структура металл – полупроводник и приборы на их основе

Контакт металла с полупроводником, выпрямляющий и невыпрямляющий контакты, контакт с инверсионным слоем. Выпрямление на контакте металл – полупроводник, эффект Шотки. Диод Шотки. Эффекты Зеебека и Пельтье на невыпрямляющем контакте металл – полупроводник, полупроводниковые холодильники.

2.2. p – n переход

Установление состояния ТДР p – n перехода. Математические модели переходов. Выпрямление на p – n переходе, формула Шокли, прямой и обратный ток реального перехода. Барьерная и диффузионная емкости перехода. Тепловой, лавинный и туннельный пробой перехода.

3. Основы технологии производства полупроводниковых приборов

3.1. Особенности структуры и технологии изготовления полупроводниковых приборов

Получение структур методом сплавления. Получение структур методом диффузии. Получение структур методом ионной имплантации.

4. Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход

4.1. Виды полупроводниковых диодов

Выпрямительные низкочастотные диоды. Диоды СВЧ диапазона. Импульсные диоды. Диоды с резким восстановлением обратного сопротивления. Лавинно-пролетные диоды. Стабилитроны и стабисторы. Варикапы. Гетеропереходы. Туннельные и обращенные диоды. Светоизлучающие диоды. Солнечные элементы.

5. Полупроводниковые приборы, содержащие два и более p – n перехода

5.1. Биполярные транзисторы

Структура, схемы включения и режимы работы биполярного транзистора. Распределение носителей заряда и их стационарных потоков. Пробой транзисторов. Статические параметры и характеристики биполярных транзисторов. Малосигнальные параметры и схемы замещения. Частотные характеристики биполярных транзисторов. Шумы в транзисторах.

5.2. Полупроводниковые тиристоры

Структура и принцип работы тиристора. Диодные и триодные тиристоры, тиристоры, проводящие в обратном направлении, симметричные тиристоры, фототиристоры. Способы управления тиристорами.

6. МОП структуры

6.1. МОП конденсатор

МОП конденсатор.

6.2. Полевые транзисторы

Параметры и свойства полевых транзисторов. Выходные статические характеристики. Полевые транзисторы с управляющим переходом. Полевые транзисторы с изолированным затвором.

6.3. Приборы с зарядовой связью

Принцип работы приборов с зарядовой связью. Разновидности полупроводниковых приборов с зарядовой связью.

7. Влияние внешних воздействий на работу полупроводниковых приборов

7.1. Влияние внешних воздействий на работу полупроводниковых приборов

Влияние повышенной и пониженной температуры, влажности, пониженного давления на параметры полупроводниковых приборов и их надежность.

8. Интегральные микросхемы

8.1. ИМС в микроэлектронике

Задачи и принципы микроэлектроники. Классификация интегральных микросхем. Основы логики. Логические операции, выражения и множества.

8.2. Пассивные элементы ИМС

Резисторы. Конденсаторы.

8.3. Биполярные ИМС

Биполярные транзисторы, диоды с p – n переходом, диоды Шотки в ИМС. Биполярные ИС.

8.4. ИМС на основе МОП структур

МОП транзисторы в ИМС. ИС на основе полевых транзисторов.

3.3. Темы практических занятий

1. Энергетический спектр и статистика электронов в периодическом поле монокристаллических полупроводников;
2. Расчет электрических параметров полупроводниковых материалов;
3. Расчет и построение математических моделей контакта метал – полупроводник и p – n перехода;
4. Расчет идеальной и реальной ВАХ p – n перехода;
5. Расчет параметров однопереходных полупроводниковых приборов;

6. Расчет статических параметров биполярных транзисторов, включенных по схеме с общим эмиттером и общей базой;
7. Расчет статических параметров полупроводниковых тиристоров;
8. Расчет статических параметров и емкости полевого транзистора;
9. Биполярные логические ИС. Логика И2Л, ТЛШ, И2ЛШ, ЭСЛ, ДТЛ, ТТЛ;
10. ИС на основе полевых транзисторов. Логика p – МОП, n – МОП и КМОП.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование статических параметров кремниевых и германиевых диодов в зависимости от температуры;
2. Исследование статических параметров кремниевых стабилитронов в зависимости от температуры;
3. Исследование статических характеристик кремниевого биполярного транзистора;
4. Исследование статических характеристик полупроводникового тиристора, не проводящего в обратном состоянии.

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Контактные явления"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Полупроводниковые приборы, содержащие два и более p – n перехода"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Контактные явления"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Полупроводниковые приборы, содержащие два и более p – n перехода"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "МОП структуры"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Влияние внешних воздействий на работу полупроводниковых приборов"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Интегральные микросхемы"

Индивидуальные консультации по курсовому проету /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Контактные явления"
2. Консультации проводятся по разделу "Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход"
3. Консультации проводятся по разделу "Полупроводниковые приборы, содержащие два и более p – n перехода"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

7 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Расчет параметров полупроводникового выпрямляющего диода
- Расчет параметров полупроводникового биполярного транзистора
- Расчет параметров полупроводникового тиристора
- Расчет параметров полупроводникового солнечного элемента

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 3	4 - 6	7 - 10	11 - 13	14 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	1, 2, 3, 4, 5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	20	20	20	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	30	50	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет параметров полупроводникового материала
2	Расчет технологических параметров изготовления прибора
3	Расчет математической модели полупроводникового прибора
4	Расчет энергетических зон полупроводникового прибора
5	Расчет ВАХ и ВФХ полупроводникового прибора

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:										
принципы работы ИМС	ИД-1$_{ПК-1}$								+	Контрольная работа/Контрольная работа №4
принципы работы и области применения полупроводниковых приборов на основе МОП структур	ИД-1$_{ПК-1}$						+			Контрольная работа/Контрольная работа №3
принципы работы и области применения полупроводниковых тиристоров	ИД-1$_{ПК-1}$					+				Контрольная работа/Контрольная работа №3 Лабораторная работа/Лабораторная работа №4. Исследование статических характеристик полупроводникового тиристора, не проводящего в обратном состоянии
принципы работы и области применения биполярных транзисторов	ИД-1$_{ПК-1}$					+				Контрольная работа/Контрольная работа №3 Лабораторная работа/Лабораторная работа №3. Исследование статических характеристик кремниевого биполярного транзистора
основы технологических методов создания полупроводниковых приборов	ИД-1$_{ПК-1}$			+						Контрольная работа/Контрольная работа №2
принципы работы и области применения полупроводниковых приборов, содержащих один p - n переход	ИД-1$_{ПК-1}$		+		+					Контрольная работа/Контрольная работа №1 Контрольная работа/Контрольная работа №2
физические и математические модели выпрямляющих свойств полупроводниковых приборов	ИД-1$_{ПК-1}$							+	+	Лабораторная работа/Лабораторная работа №1. Исследование статических параметров кремниевых и германиевых диодов в зависимости от температуры Лабораторная работа/Лабораторная работа №2. Исследование статических параметров

										кремниевых стабилитронов в зависимости от температуры
основные соотношения полупроводниковой электроники, используемые при проектировании приборов	ИД-1$_{ПК-1}$	+								Расчетно-графическая работа/Расчетное задание Тестирование/Тест

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
3. Расчетное задание (Расчетно-графическая работа)
4. Тест (Тестирование)

7 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Лабораторная работа №1. Исследование статических параметров кремниевых и германиевых диодов в зависимости от температуры (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа №2. Исследование статических параметров кремниевых стабилитронов в зависимости от температуры (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа №3. Исследование статических характеристик кремниевого биполярного транзистора (Лабораторная работа)
4. Лабораторная работа №4. Исследование статических характеристик полупроводникового тиристора, не проводящего в обратном состоянии (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №3 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №4 (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.
Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

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

Экзамен (Семестр №7)

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

Курсовая работа (КР) (Семестр №7)

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Стильбанс, Л. С. Физика полупроводников / Л. С. Стильбанс . – М. : Советское радио, 1967 . – 451 с.;
2. Росадо, Л. Физическая электроника и микроэлектроника : пер. с исп. / Л. Росадо . – М. : Высшая школа, 1991 . – 351 с. - ISBN 5-06-000820-7 .;
3. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы : учебное пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин . – 9-е изд., стер . – СПб. : Лань-Пресс, 2009 . – 480 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-0368-4 .;
4. Степаненко, И. П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем / И. П. Степаненко . – 4-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергия, 1977 . – 672 с.;
5. Зи, С. Физика полупроводниковых приборов : В 2 кн. Кн.1 : пер. с англ. / С. Зи . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Мир, 1984 . – 456 с.;
6. Шалимова К. В.- "Физика полупроводников", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2010 - (384 с.)
https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=648;
7. Курносов, А. И. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем : Учебное пособие для вузов по специальностям "Полупроводники и диэлектрики" и "Полупроводниковые приборы" / А. И. Курносов, В. В. Юдин . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 1979 . – 367 с.;
8. Расчет электронных схем. Примеры и задачи : учебное пособие для втузов / Г. И. Изъюрова, [и др.] . – М. : Высшая школа, 1987 . – 335 с.;
9. Бурбаева, Н. В. Сборник задач по полупроводниковой электронике : учебное пособие для вузов по направлению "Информатика и вычислительная техника" / Н. В. Бурбаева, Т. С. Днепровская . – М. : Физматлит, 2006 . – 168 с. - ISBN 5-922104-02-0 .;
10. Гринченков, Д. В. Математическая логика и теория алгоритмов для программистов : учебное пособие для вузов по специальности "Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем" направления "Информатика и вычислительная техника" / Д. В. Гринченков, С. И. Потоцкий . – М. : КноРус, 2017 . – 206 с. - ISBN 978-5-406-05421-5 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office;
2. Windows;
3. MathCad.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. **ЭБС Лань** - https://e.lanbook.com/
2. **Научная электронная библиотека** - https://elibrary.ru/
3. **База данных Web of Science** - http://webofscience.com/
4. **База данных Scopus** - http://www.scopus.com
5. **Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ)** - http://elib.mpei.ru/login.php
6. **Портал открытых данных Российской Федерации** - https://data.gov.ru
7. **База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ** - https://rosmintrud.ru/opendata
8. **База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ** - http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/
9. **База открытых данных Министерства экономического развития РФ** - http://www.economy.gov.ru

10. **База открытых данных Росфинмониторинга** - http://www.fedsfm.ru/opendata

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

Приложение А

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика полупроводниковых приборов и интегральных схем

(название дисциплины)

6 семестр

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

КМ-1 Тест (Тестирование)
КМ-2 Расчетное задание (Расчетно-графическая работа)
КМ-3 Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
КМ-4 Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	5	9	15
1	Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов					
1.1	Основные соотношения полупроводниковой электроники		+	+		
1.2	Основные свойства полупроводников и приборы на их основе		+	+		
2	Контактные явления					
2.1	Структура металл – полупроводник и приборы на их основе				+	+
2.2	p – n переход				+	+
3	Основы технологии производства полупроводниковых приборов					
3.1	Особенности структуры и технологии изготовления полупроводниковых приборов					+
4	Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход					
4.1	Виды полупроводниковых диодов				+	+
		Вес КМ, %:	10	30	30	30

7 семестр

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

КМ-5 Лабораторная работа №1. Исследование статических параметров кремниевых и германиевых диодов в зависимости от температуры (Лабораторная работа)
КМ-6 Лабораторная работа №2. Исследование статических параметров кремниевых стабилитронов в зависимости от температуры (Лабораторная работа)
КМ-7 Контрольная работа №3 (Контрольная работа)
КМ-8 Лабораторная работа №3. Исследование статических характеристик кремниевого

биполярного транзистора (Лабораторная работа)

КМ-9 Лабораторная работа №4. Исследование статических характеристик полупроводникового тиристора, не проводящего в обратном состоянии (Лабораторная работа)

КМ-10 Контрольная работа №4 (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10
		Неделя КМ:	3	6	8	10	13	15
1	Полупроводниковые приборы, содержащие два и более p – n перехода							
1.1	Биполярные транзисторы				+	+		
1.2	Полупроводниковые тиристоры				+		+	
2	МОП структуры							
2.1	МОП конденсатор				+			
2.2	Полевые транзисторы				+			
2.3	Приборы с зарядовой связью				+			
3	Влияние внешних воздействий на работу полупроводниковых приборов							
3.1	Влияние внешних воздействий на работу полупроводниковых приборов		+	+				
4	Интегральные микросхемы							
4.1	ИМС в микроэлектронике		+	+				
4.2	Пассивные элементы ИМС							+
4.3	Биполярные ИМС							+
4.4	ИМС на основе МОП структур							+
		Вес КМ, %:	15	15	20	15	15	20

Приложение Б

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Физика полупроводниковых приборов и интегральных схем

(название дисциплины)

7 семестр

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

КМ-1 КМ1
КМ-2 КМ2
КМ-3 КМ3
КМ-4 КМ4
КМ-5 КМ5
КМ-6 КМ6

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	3	6	10	13	15	15
1	Расчет параметров полупроводникового материала		+					+
2	Расчет технологических параметров изготовления прибора			+				+
3	Расчет математической модели полупроводникового прибора				+			+
4	Расчет энергетических зон полупроводникового прибора					+		+
5	Расчет ВАХ и ВФХ полупроводникового прибора						+	+
		Вес КМ, %:	10	20	20	20	20	10