

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 нанoeлектроника

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.01.09
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	6 семестр - 2 часа; 7 семестр - 18 часов; всего - 20 часов
Самостоятельная работа	6 семестр - 99,5 часа; 7 семестр - 93,2 часа; всего - 192,7 часа
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	7 семестр - 4 часа;
включая: Тестирование Расчетно-графическая работа Контрольная работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;
Защита курсовой работы	7 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,3 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Носова Ю.М.
	Идентификатор	R16b145c9-OzhoginaYM-ed80e72f

(подпись)

Ю.М. Носова

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

(подпись)

Д.С. Холодный

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З. Славинский

(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: - 1. принципы работы и области применения полупроводниковых приборов, содержащих один p - n переход. уметь: - 1. определять технологические режимы изготовления биполярных транзисторов и МОП структур с заданными параметрами..
ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов	ИД-2 _{ПК-1} Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования полупроводниковых приборов и структур	знать: - 2. физические и математические модели выпрямляющих свойств полупроводниковых приборов. уметь: - 2. рассчитывать электрические характеристики полупроводниковых материалов и приборов..
ПК-9 способен осуществлять контроль соблюдения режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники	ИД-1 _{ПК-9} Согласование изменений, внесенных в технологическую документацию, с работниками на участках производства изделий микроэлектроники	знать: - 3. основы технологических методов создания полупроводниковых приборов. уметь: - 3. определять электрические параметры ИМС.
ПК-9 способен осуществлять контроль соблюдения режимов технологических операций процессов	ИД-2 _{ПК-9} Контроль предложений по изменению технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники и	знать: - 4. принципы работы и области применения полевых транзисторов. уметь:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
производства изделий микроэлектроники	предупреждению и ликвидации брака	- 4. определять статические параметры МОП структур, способы включения и режимы их работы в электрической цепи..
ПК-9 способен осуществлять контроль соблюдения режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники	ИД-3ПК-9 Подготовка предложений по предупреждению и исправлению брака при изготовлении изделий микроэлектроники	<p>знать:</p> <p>- 5. принципы работы и области применения биполярных транзисторов.</p> <p>уметь:</p> <p>- 5. определять технологические режимы изготовления полупроводниковых диодов с заданными параметрами..</p>
ПК-9 способен осуществлять контроль соблюдения режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники	ИД-4ПК-9 Статистический анализ пригодности и воспроизводимости технологических процессов производства изделий микроэлектроники	<p>знать:</p> <p>- 6. принципы работы и области применения тиристоров.</p> <p>уметь:</p> <p>- 6. определять статические параметры контактов металл-полупроводник и p-n перехода, способы включения и режимы их работы в электрической цепи..</p>
ПК-9 способен осуществлять контроль соблюдения режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники	ИД-5ПК-9 Выявление причин брака в изготовлении изделий микроэлектроники	<p>знать:</p> <p>- 7. принципы работы и области применения МОП транзисторов.</p> <p>уметь:</p> <p>- 7. определять статические параметры полупроводниковых тиристоров, способы включения и режимы их работы в электрической цепи..</p>
ПК-9 способен осуществлять контроль соблюдения режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники	ИД-6ПК-9 Контроль соблюдения технологической дисциплины при реализации технологических процессов	<p>знать:</p> <p>- 8. принципы работы ИМС.</p> <p>уметь:</p> <p>- 8. определять статические параметры полупроводниковых приборов с одним и p-n переходом, способы включения и режимы их работы в электрической цепи..</p>
ПК-9 способен осуществлять контроль соблюдения режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники	ИД-7ПК-9 Контроль соблюдения правил эксплуатации технологической оснастки	<p>знать:</p> <p>- 9. основные соотношения полупроводниковой электроники, используемые при проектировании приборов.</p> <p>уметь:</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		- 9. определять статические параметры биполярных транзисторов, способы включения и режимы их работы в электрической цепи..
ПК-9 способен осуществлять контроль соблюдения режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники	ИД-8 _{ПК-9} Контроль соблюдения правил эксплуатации технологического оборудования	<p>знать:</p> <p>- 10. принципы работы и области применения полупроводниковых приборов и микросхем.</p> <p>уметь:</p> <p>- 10. оценивать влияние внешних воздействий на параметры полупроводниковых приборов..</p>

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 нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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	1. Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов	28	6	7	-	4	-	-	-	-	-	17	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов"</p> <p><u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе</p>
1.1	1. Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов	28		7	-	4	-	-	-	-	-	-	17	

														[4], с7-29
2	2. Контактные явления	27	7	-	3	-	-	-	-	-	-	17	-	<p><u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Контактные явления". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Контактные явления"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Контактные явления"</p> <p><u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p>
2.1	2. Контактные явления	27	7	-	3	-	-	-	-	-	-	17	-	

														Изучение материалов по разделу Контактные явления 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: <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Контактные явления" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Проведение эксперимента:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 173-267 [2], стр. 91-490 [3], стр. 12-347 [4], 240-260
3	3. Основы технологии производства полупроводниковых приборов	29	7	-	4	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы технологии производства полупроводниковых приборов"	
3.1	3. Основы технологии производства полупроводниковых приборов	29	7	-	4	-	-	-	-	-	18	-	<u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяются следующие материалы: <u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:	

													предлагаются следующие варианты: <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы технологии производства полупроводниковых приборов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 173-267 [2], стр. 91-490 [3], стр. 172-201 [4], 7-320
4	4. Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход	24	7	-	3	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.
4.1	4. полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход	24	7	-	3	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход 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: <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка доклада, выступления:</u>

														[3], стр. 12-347 [4], 7-320
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		28	-	14	-	2	-	-	0.5	66	33.5	
	Итого за семестр	144.0		28	-	14	2	-	-	0.5	99.5			
5	5. Полупроводниковые приборы, содержащие два и более р – n перехода	46	7	10	8	8	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Полупроводниковые приборы, содержащие два и более р – n перехода" <u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: <u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: <u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: <u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту
5.1	5. Полупроводниковые приборы, содержащие два и более р – n перехода	46		10	8	8	-	-	-	-	-	20	-	

													<p>работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Полупроводниковые приборы, содержащие два и более р – n перехода" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Проведение эксперимента:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Полупроводниковые приборы, содержащие два и более р – n перехода"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Полупроводниковые приборы, содержащие два и более р – n перехода". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 173-267 [2], стр. 91-490 [3], стр. 12-347 [4], 7-320</p>
6	6. МОП структуры	39	11	4	4	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>
6.1	6. МОП структуры	39	11	4	4	-	-	-	-	-	20	-	Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы

														<p>варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 173-267 [2], стр. 5-90 [3], стр. 12-347 [4], 7-320</p>
7	7. Интегральные микросхемы	38.7	11	4	4	-	-	-	-	-	19.7	-	<p><u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Интегральные микросхемы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></p>	
7.1	7. Интегральные микросхемы	38.7	11	4	4	-	-	-	-	-	19.7	-		

														[3], стр. 12-347 [4], 7-320
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	20.3		-	-	-	16	-	4	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	180.0		32	16	16	16	2	4	-	0.8	59.7	33.5	
	Итого за семестр	180.0		32	16	16	18		4		0.8		93.2	
	ИТОГО	324.0	-	60	16	30	20		4		1.3		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. 1. Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов

1.1. 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. 2. Контактные явления

2.1. 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. 3. Основы технологии производства полупроводниковых приборов

3.1. 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. 4. Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход

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

5.1. 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. 6. МОП структуры

6.1. 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. 7. Интегральные микросхемы

7.1. 7. Интегральные микросхемы

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 р – 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. 6. Расчет параметров однопереходных полупроводниковых приборов;
2. 8. Расчет и построение математических моделей контакта металл – полупроводник и р – n перехода;
3. 7. Расчет идеальной и реальной ВАХ р – n перехода;
4. 5. Расчет статических параметров биполярных транзисторов, включенных по схеме с общим эмиттером и общей базой;
5. 9. Расчет электрических параметров полупроводниковых материалов;
6. 3. Расчет статических параметров и емкости полевого транзистора;
7. 2. Биполярные логические ИС. Логика И2Л, ТЛШ, И2ЛШ, ЭСЛ, ДТЛ, ТТЛ;
8. 1. ИС на основе полевых транзисторов. Логика р – МОП, n – МОП и КМОП;
9. 4. Расчет статических параметров полупроводниковых тиристоров;
10. 9. Энергетический спектр и статистика электронов в периодическом поле монокристаллических полупроводников.

3.4. Темы лабораторных работ

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

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПП)

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 "Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов"
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 "Контактные явления"
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 "Основы технологии производства полупроводниковых приборов"
4. 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"
5. 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"
6. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "МОП структуры"
7. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Интегральные микросхемы"

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 "Основы технологии производства полупроводниковых приборов"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Полупроводниковые приборы, содержащие один $p - n$ переход"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Полупроводниковые приборы, содержащие два и более $p - n$ перехода"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "МОП структуры"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Интегральные микросхемы"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов"
2. Консультации проводятся по разделу "Контактные явления"
3. Консультации проводятся по разделу "Основы технологии производства полупроводниковых приборов"
4. Консультации проводятся по разделу "Полупроводниковые приборы, содержащие один $p - n$ переход"

5. Консультации проводятся по разделу "Полупроводниковые приборы, содержащие два и более p – n перехода"
6. Консультации проводятся по разделу "МОП структуры"
7. Консультации проводятся по разделу "Интегральные микросхемы"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Контактные явления"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы технологии производства полупроводниковых приборов"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Полупроводниковые приборы, содержащие один p – n переход"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Полупроводниковые приборы, содержащие два и более p – n перехода"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "МОП структуры"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Интегральные микросхемы"

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 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	25	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	раздел 1. Рассчитать основные электрические параметры исходной пластины полупроводника
2	раздел 2. Рассчитать технологические параметры диффузии
3	раздел 3. Рассчитать и построить энергетические диаграммы структуры при $U=0$, $U>0$ и $U<0$
4	раздел 4. Рассчитать и построить вольт-амперную характеристику (ВАХ) структуры при нескольких температурах

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		
Знать:										
1. принципы работы и области применения полупроводниковых приборов, содержащих один p - n переход	ИД-1ПК-1	+								Тестирование/КМ-1 семестр 6 Тест по зонной теории твердого тела
2. физические и математические модели выпрямляющих свойств полупроводниковых приборов	ИД-2ПК-1	+								Тестирование/КМ-1 семестр 6 Тест по зонной теории твердого тела
3. основы технологических методов создания полупроводниковых приборов	ИД-1ПК-9	+								Тестирование/КМ-1 семестр 6 Тест по зонной теории твердого тела
4. принципы работы и области применения полевых транзисторов	ИД-2ПК-9		+							Расчетно-графическая работа/КМ-2 семестр 6 Расчетное задание по определению концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.
5. принципы работы и области применения биполярных транзисторов	ИД-3ПК-9		+							Расчетно-графическая работа/КМ-2 семестр 6 Расчетное задание по определению концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.
6. принципы работы и области применения тиристоров	ИД-4ПК-9		+							Расчетно-графическая работа/КМ-2 семестр 6 Расчетное задание по определению концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.
7. принципы работы и области применения МОП транзисторов	ИД-5ПК-9			+						Контрольная работа/КМ-3 семестр 6 Контрольная работа №1
8. принципы работы ИМС	ИД-6ПК-9			+						Контрольная работа/КМ-3 семестр 6 Контрольная работа №1
9. основные соотношения полупроводниковой электроники,	ИД-7ПК-9			+						Контрольная работа/КМ-4 семестр 6 Контрольная работа №2

используемые при проектировании приборов									
10. принципы работы и области применения полупроводниковых приборов и микросхем	ИД-8ПК-9				+				Контрольная работа/КМ-4 семестр 6 Контрольная работа №2
Уметь:									
1. определять технологические режимы изготовления биполярных транзисторов и МОП структур с заданными параметрами.	ИД-1ПК-1				+				Контрольная работа/КМ-4 семестр 6 Контрольная работа №2
2. рассчитывать электрические характеристики полупроводниковых материалов и приборов.	ИД-2ПК-1				+				Контрольная работа/КМ-4 семестр 6 Контрольная работа №2
3. определять электрические параметры ИМС	ИД-1ПК-9					+			Лабораторная работа/КМ-1 семестр 7 Лабораторная работа №1. Исследование статических параметров кремниевых и германиевых диодов в зависимости от температуры
4. определять статические параметры МОП структур, способы включения и режимы их работы в электрической цепи.	ИД-2ПК-9						+		Лабораторная работа/КМ-2 семестр 7 Лабораторная работа №2. Исследование статических параметров кремниевых стабилитронов в зависимости от температуры
5. определять технологические режимы изготовления полупроводниковых диодов с заданными параметрами.	ИД-3ПК-9					+			Контрольная работа/КМ-3 семестр 7 Контрольная работа №3
6. определять статические параметры контактов металл-полупроводник и р-п перехода, способы включения и режимы их работы в электрической цепи.	ИД-4ПК-9							+	Лабораторная работа/КМ-4 семестр 7 Лабораторная работа №3. Исследование статических характеристик кремниевого биполярного транзистора
7. определять статические параметры полупроводниковых тиристорov, способы включения и режимы их работы в электрической цепи.	ИД-5ПК-9							+	Лабораторная работа/КМ-5 семестр 7 Лабораторная работа №4. Исследование статических характеристик полупроводникового тиристора, не проводящего в обратном состоянии
8. определять статические параметры полупроводниковых приборов с одним и р-п	ИД-6ПК-9							+	Лабораторная работа/КМ-5 семестр 7 Лабораторная работа №4. Исследование

переходом, способы включения и режимы их работы в электрической цепи.									статических характеристик полупроводникового тиристора, не проводящего в обратном состоянии
9. определять статические параметры биполярных транзисторов, способы включения и режимы их работы в электрической цепи.	ИД-7 _{ПК-9}							+	Контрольная работа/Км-6 семестр 7 Контрольная работа №4
10. оценивать влияние внешних воздействий на параметры полупроводниковых приборов.	ИД-8 _{ПК-9}							+	Контрольная работа/Км-6 семестр 7 Контрольная работа №4

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: Выполнение задания

1. КМ-2 семестр 6 Расчетное задание по определению концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике. (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 семестр 6 Тест по зонной теории твердого тела (Тестирование)
2. КМ-3 семестр 6 Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
3. КМ-4 семестр 6 Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

7 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-1 семестр 7 Лабораторная работа №1. Исследование статических параметров кремниевых и германиевых диодов в зависимости от температуры (Лабораторная работа)
2. КМ-2 семестр 7 Лабораторная работа №2. Исследование статических параметров кремниевых стабилитронов в зависимости от температуры (Лабораторная работа)
3. КМ-4 семестр 7 Лабораторная работа №3. Исследование статических характеристик кремниевого биполярного транзистора (Лабораторная работа)
4. КМ-5 семестр 7 Лабораторная работа №4. Исследование статических характеристик полупроводникового тиристора, не проводящего в обратном состоянии (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-3 семестр 7 Контрольная работа №3 (Контрольная работа)
2. КМ-6 семестр 7 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)

стандартные

Экзамен (Семестр №7)

стандартные

Курсовая работа (КР) (Семестр №7)

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Степаненко, И. П. Основы микроэлектроники : Учебное пособие для вузов / И. П. Степаненко . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2003 . – 488 с. – (Технический университет) . - ISBN 5-932080-45-0 .;
2. Зи, С. Физика полупроводниковых приборов : В 2 кн. Кн.2 : пер. с англ. / С. Зи . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Мир, 1984 . – 456 с.;
3. 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 . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 1986 . – 368 с.;
4. Шалимова К. В.- "Физика полупроводников", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (384 с.)
<https://e.lanbook.com/book/167840>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Acrobat Reader;
6. Jupiter Notebook;
7. GPSS World Student;
8. Jupyter.

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/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения практических занятий,	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование

КР и КП	практических занятий	специализированное
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Помещения для самостоятельной работы	Е-316, Лаборатория каф. "ФТЭМК"	стол, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное, компьютер персональный, принтер
Помещения для консультирования	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика полупроводниковых приборов и интегральных схем

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1 семестр 6 Тест по зонной теории твердого тела (Тестирование)
 КМ-2 КМ-2 семестр 6 Расчетное задание по определению концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике. (Расчетно-графическая работа)
 КМ-3 КМ-3 семестр 6 Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
 КМ-4 КМ-4 семестр 6 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:	4	8	11	14
1	1. Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов					
1.1	1. Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов		+			
2	2. Контактные явления					
2.1	2. Контактные явления			+		
3	3. Основы технологии производства полупроводниковых приборов					
3.1	3. Основы технологии производства полупроводниковых приборов				+	+
4	4. Полупроводниковые приборы, содержащие один р – n переход					
4.1	4. полупроводниковые приборы, содержащие один р – n переход					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-5 КМ-1 семестр 7 Лабораторная работа №1. Исследование статических параметров кремниевых и германиевых диодов в зависимости от температуры (Лабораторная работа)
 КМ-6 КМ-2 семестр 7 Лабораторная работа №2. Исследование статических параметров кремниевых стабилитронов в зависимости от температуры (Лабораторная работа)
 КМ-7 КМ-3 семестр 7 Контрольная работа №3 (Контрольная работа)
 КМ-8 КМ-4 семестр 7 Лабораторная работа №3. Исследование статических характеристик кремниевого биполярного транзистора (Лабораторная работа)
 КМ-9 КМ-5 семестр 7 Лабораторная работа №4. Исследование статических характеристик полупроводникового тиристора, не проводящего в обратном состоянии (Лабораторная работа)

КМ- работа)
 10 КМ-6 семестр 7 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:	4	6	8	10	12	15
1	5. Полупроводниковые приборы, содержащие два и более р – n перехода							
1.1	5. Полупроводниковые приборы, содержащие два и более р – n перехода		+	+	+			
2	6. МОП структуры							
2.1	6. МОП структуры					+	+	
3	7. Интегральные микросхемы							
3.1	7. Интегральные микросхемы							+
Вес КМ, %:			15	15	20	15	20	15

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Физика полупроводниковых приборов и интегральных схем

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 Км-1. основные электрические параметры исходной пластины полупроводника
- КМ-2 КМ-2. технологические параметры диффузии
- КМ-3 КМ-3. распределение электрического поля, изменение потенциала с расстоянием, распределение пространственного заряда
- КМ-4 Км-4. построить вольт-амперную характеристику (ВАХ) структуры при нескольких температурах

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	раздел 1. Рассчитать основные электрические параметры исходной пластины полупроводника		+			
2	раздел 2. Рассчитать технологические параметры диффузии			+		
3	раздел 3. Рассчитать и построить энергетические диаграммы структуры при $U=0$, $U>0$ и $U<0$				+	
4	раздел 4. Рассчитать и построить вольт-амперную характеристику (ВАХ) структуры при нескольких температурах					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25