МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОНИКА

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия наземных и космических систем связи, локации и навигации**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	26	26	часов
Практические занятия	26	26	часов
Лабораторные занятия	20	20	часов
Самостоятельная работа	36	36	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	3

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83635

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Сформировать у студентов понимание физических принципов работы, характеристик и технологий производства полупроводниковых приборов, а также подготовить их к проведению научных исследований и инженерных разработок в области современной электроники.

1.2. Задачи дисциплины

1. Понимание физических основ и характеристик полупроводниковых материалов и приборов (фундаментальные знания о зонной теории, статистике носителей заряда, механизмах транспорта, физике работы различных полупроводниковых приборов (диодов, транзисторов и т.д.), а также их вольт-амперных характеристиках).
2. Освоение технологий производства полупроводниковых структур (изучение методов легирования, литографии, травления, металлизации, а также методов исследования электрофизических свойств, состава и структуры материалов).
3. Развитие инженерного мышления и навыков решения задач в области электроники (приобретение практических навыков работы с лабораторным оборудованием, анализа результатов измерений, моделирования и решения инженерных задач, связанных с разработкой и применением электронных устройств).

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Обязательная часть.

Модуль дисциплин: Модуль фундаментальной инженерной подготовки (general hard skills – GHS).

Индекс дисциплины: Б1.О.02.09.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		

Согласована на портале № 83635

ОПК-1. Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики	Знать фундаментальные законы полупроводниковых приборов
	ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области	Уметь анализировать процессы и явления в полупроводниковых приборах
	ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач	Владеть практическими навыками работы с лабораторным оборудованием, анализа результатов измерений, моделирования и решения инженерных задач
ОПК-2. Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения	ОПК-2.1. Знает современное состояние области профессиональной деятельности	Знать методы измерения параметров полупроводниковых приборов
	ОПК-2.2. Умеет искать и представлять актуальную информацию о состоянии предметной области	Уметь проводить измерения параметров полупроводниковых приборов с использованием различных измерительных приборов и обрабатывать результаты
	ОПК-2.3. Владеет навыками работы за персональным компьютером, в том числе с пакетами прикладных программ для моделирования физических и математических процессов с целью решения профессиональных задач	Владеть навыками самостоятельного проведения экспериментальных исследований и моделирования характеристик полупроводниковых приборов
Профессиональные компетенции		
-	-	-

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	72	72
Лекционные занятия	26	26
Практические занятия	26	26

Согласована на портале № 83635

Лабораторные занятия	20	20
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Подготовка к тестированию	16	16
Подготовка к выступлению (докладу)	2	2
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	18	18
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Введение в физику полупроводников.	4	4	-	2	10	ОПК-1
2 Физические процессы при контакте разнородных материалов	4	4	4	8	20	ОПК-1, ОПК-2
3 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими p-n переходами	4	4	2	4	14	ОПК-1, ОПК-2
4 Физические основы управления током канала с помощью управляющего p-n перехода.	2	4	-	2	8	ОПК-1, ОПК-2
5 Физические процессы в структуре металл- диэлектрик-полупроводник	4	4	4	6	18	ОПК-1, ОПК-2
6 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	3	2	2	6	13	ОПК-1, ОПК-2
7 Особенности работы биполярных и полевых транзисторов в ключевых режимах логических схемах	3	2	8	6	19	ОПК-1, ОПК-2
8 Математическое описание моделей полупроводниковых приборов	2	2	-	2	6	ОПК-1, ОПК-2
Итого за семестр	26	26	20	36	108	
Итого	26	26	20	36	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
3 семестр			

Согласована на портале № 83635

1 Введение в физику полупроводников.	Элементы зонной теории полупроводников. Параметры, характеризующие свойства полупроводниковых материалов. Собственные, примесные и компенсированные полупроводники. Равновесные и неравновесные носители зарядов в полупроводниках. Электропроводность полупроводников. Законы движения носителей заряда в полупроводниках.	4	ОПК-1
	Итого	4	
2 Физические процессы при контакте разнородных материалов	Классификация электрических переходов. Физические процессы в электронно-дырочных переходах. Контакты металл-полупроводник. Граница полупроводник-диэлектрик. Гетеропереходы. Омические переходы. Полупроводниковые диоды.	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
3 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими p-n переходами	Устройство, режим работы биполярных транзисторов. Физические процессы в нормальном активном режиме. Модель Эберса-Молла. Статические характеристики биполярных транзисторов. Основные параметры биполярных транзисторов. Биполярный транзистор как линейный четырехполюсник. Переходные и частотные характеристики биполярного транзистора. Разновидности биполярных транзисторов. Составные транзисторы.	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
4 Физические основы управления током канала с помощью управляющего p-n перехода.	Полевые транзисторы с управляющим p-n переходом. Принцип работы полевого транзистора с p и n каналами. Статические вольт-амперные характеристики. Частотные свойства полевых транзисторов. Основные параметры полевых транзисторов. Полевой транзистор как линейный четырехполюстник.	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	

Согласована на портале № 83635

5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник	Формирование канала в МДП-транзисторах. Общие принципы управления проводимостью канала в МДП-транзисторах. Статические вольт-амперные характеристики. Частотные свойства МДП-транзисторов. Основные параметры МДП-транзисторов. МДП-транзистор как линейный четырехполюстник. Разновидности полевых транзисторов. Силовые комбинированные транзисторы.	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
6 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Оптические явления в полупроводниках. Светодиоды и фотодиоды, их принцип работы, вольт-амперные характеристики, параметры. Диодные и транзисторные оптопары.	3	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	3	
7 Особенности работы биполярных и полевых транзисторов в ключевых режимах логических схемах	Импульсный режим работы транзисторов. Статический режим работы биполярного ключа. МДП-транзисторные ключи. Переходные процессы.	3	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	3	
8 Математическое описание моделей полупроводниковых приборов	Эквивалентные схемы различных типов полупроводниковых диодов. Математические модели биполярных транзисторов (Модель Эберса – Молла, Малосигнальная Т-образная эквивалентная схема, Модель Гуммеля – Пуна). Малосигнальная эквивалентная схема МДП-транзистора. Применение эквивалентных схем в схемотехническом моделировании.	2	ОПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		26	
Итого		26	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			

Согласована на портале № 83635

1 Введение в физику полупроводников.	Энергетические зоны твердого тела. Концентрация носителей в зонах полупроводника. Технологии изготовления полупроводниковых приборов.	4	ОПК-1
	Итого	4	
2 Физические процессы при контакте разнородных материалов	Стабилитрон. Варикап. Туннельный диод. Диод Шоттки. Точечный диод. Лавинный диод. Импульсный диод. Диода Ганна.	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
3 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими p-n переходами	Схемы включения биполярных транзисторов. Расчет внешних и внутренних параметров биполярного транзистора. Эффект Эрли в биполярных транзисторах. Статические характеристики биполярного транзистора. Динамический режим работы. Частотные параметры. Расчет параметров цепей смещения.	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
4 Физические основы управления током канала с помощью управляющего p-n перехода.	Вычисление напряжения отсечки на основе параметров канала. Расчет крутизны транзистора в различных режимах. Анализ влияния температуры на параметры полевого транзистора. Расчет параметров цепей смещения. Частотные характеристики. Основные этапы технологического процесса изготовления полевых транзисторов с управляющим pn переходом.	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	

Согласована на портале № 83635

5 Физические процессы в структуре металл- диэлектрик-полупроводник	Анализ влияния температуры на параметры МДП-транзистора. Расчет параметров цепей смещения. Частотные характеристики. Основные этапы технологического процесса изготовления МДП-транзисторов.	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
6 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Светодиод. Фотодиод. Диодные и транзисторные оптроны.	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
7 Особенности работы биполярных и полевых транзисторов в ключевых режимах логических схемах	Ключи на биполярном транзисторе, МДП-транзисторах. Анализ переходных процессов в транзисторном ключе. Ненасыщенные ключи.	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
8 Математическое описание моделей полупроводниковых приборов	Расчет параметров эквивалентной схемы биполярного транзистора. Расчет малосигнальных параметров биполярного транзистора. Расчет параметров транзистора с управляющим переходом. Расчет параметров МДП-транзистора. Анализ схем с использованием эквивалентных схем.	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
	Итого за семестр	26	
	Итого	26	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			

Согласована на портале № 83635

2 Физические процессы при контакте разнородных материалов	Исследование вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов, определение параметров исследуемых диодов.	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
3 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими p-n переходами	Исследование вольт-амперных характеристик и определение параметров биполярных транзисторов.	2	ОПК-1
	Итого	2	
5 Физические процессы в структуре металл- диэлектрик-полупроводник	Исследование вольт-амперных характеристик и определение параметров полевых транзисторов	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
6 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Исследование характеристик светодиодов и параметров оптопар	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
7 Особенности работы биполярных и полевых транзисторов в ключевых режимах логических схемах	Исследование быстродействия насыщенного и ненасыщенного ключа на биполярных транзисторах.	4	ОПК-1, ОПК-2
	Исследование логического элемента на комплементарных полевых транзисторах с индуцированными каналами.	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	8	
Итого за семестр		20	
Итого		20	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Введение в физику полупроводников.	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1	Тестирование
	Итого	2		
2 Физические процессы при контакте разнородных материалов	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
	Подготовка к выступлению (докладу)	2	ОПК-1, ОПК-2	Выступление (доклад) на занятии
	Подготовка к	4	ОПК-1, ОПК-2	Лабораторная

Согласована на портале № 83635

3 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими p-n переходами	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ОПК-1	Лабораторная работа
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
	Итого	4		
4 Физические основы управления током канала с помощью управляющего p-n перехода.	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
	Итого	2		
5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ОПК-1, ОПК-2	Лабораторная работа
	Итого	6		
6 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ОПК-1, ОПК-2	Лабораторная работа
	Итого	6		
7 Особенности работы биполярных и полевых транзисторов в ключевых режимах логических схемах	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ОПК-1, ОПК-2	Лабораторная работа
	Итого	6		
8 Математическое описание моделей полупроводниковых приборов	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
	Итого	2		
Итого за семестр		36		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		72		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	

Согласована на портале № 83635

ОПК-1	+	+	+	+	Выступление (доклад) на занятии, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен
ОПК-2	+	+	+	+	Выступление (доклад) на занятии, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
3 семестр				
Выступление (доклад) на занятии	0	15	0	15
Лабораторная работа	0	20	20	40
Тестирование	5	5	5	15
Экзамен				30
Итого максимум за период	5	40	25	100
Нарастающим итогом	5	45	70	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Согласована на портале № 83635

7.1. Основная литература

1. Электроника: Учебное пособие / А. М. Заболоцкий - 2023. 159 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10539.

2. Смирнов, Ю. А. Физические основы электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 560 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/5856.

7.2. Дополнительная литература

1. Ефимов, И. Е. Основы микроэлектроники : учебник / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/210218.

2. Гусев В.Г. Электроника: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1991. – 622 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 73 экз.).

3. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем: научное издание. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1977. – 671 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.).

4. Жеребцов И.П. Основы электроники. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 53 экз.).

5. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. — 9-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 480 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/210338.

6. Твердотельная электроника [Текст] : учебное пособие / П. Е. Троян ; рец.: А. П. Коханенко, А. Ю. Ющенко ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) (Томск). - Томск : Издательство ТУСУРа, 2021. - 350 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 48 экз.).

7. Физика полупроводниковых приборов : Учебное пособие для вузов / Василий Иванович Гаман ; Федеральная целевая программа "Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997-2000 годы". - 2-е изд., доп. и перераб. - Томск : Издательство научно-технической литературы, 2000. - 426 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 45 экз.).

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Сивков, С. И. Электроника : учебное пособие / С. И. Сивков, Д. А. Ваганов, О. В. Алексеева. — Санкт-Петербург : ГУАП, 2022. — 177 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/341069.

2. Тихонов, Ю. Б. Электроника : учебное пособие / Ю. Б. Тихонов. — Омск : ОмГУПС, 2020. — 139 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/165708 .

3. Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе / П. Е. Троян ; Федеральное агентство по образованию (Томск), Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 75 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 47 экз.).

4. Горбачев, А. А. Электроника и схемотехника : учебно-методическое пособие / А. А. Горбачев, И. А. Ветров. — Калининград : БФУ им. И.Канта, 2022 — Часть 1 : Электроника — 2022. — 104 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/310151.

5. Твердотельная электроника : методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу твердотельная электроника / А А. Жигальский ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 59 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 29 экз.).

6. Исследование характеристик полевых транзисторов: Методические указания к лабораторным работам / М. Самойличенко, А. М. Заболоцкий - 2023. 14 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10645.

7. Исследование характеристик светодиодов и параметров оптопар: Методические указания к лабораторным работам / М. Самойличенко, А. М. Заболоцкий - 2023. 13 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10646.

Согласована на портале № 83635

8. Исследование логического элемента на комплементарных полевых транзисторах с индуцированным каналом (КМП): Руководство к лабораторной работе / А. М. Заболоцкий - 2023. 17 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10538.

9. ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЫЩЕННОГО ТРАНЗИСТОРНОГО КЛЮЧА: Руководство к лабораторной работе / А. М. Заболоцкий - 2023. 21 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10536.

10. Исследование характеристик полупроводниковых диодов: Методическое указание к лабораторным работам / М. Самойличенко, А. М. Заболоцкий - 2023. 13 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10643.

11. Исследование характеристик биполярных транзисторов: Методические указания к лабораторным работам / М. Самойличенко, А. М. Заболоцкий - 23. 17 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10644.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория цифровых устройств и микропроцессоров: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 218 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Генераторы: Г3-53 (3 шт.), Г3-112/1 (3 шт.), Г5-54 (6 шт.);
- Осциллографы GOS-620 (6 шт.);
- Макеты (6 шт.);
- Доска аудиторная;
- Комплект специализированной учебной мебели;

Согласована на портале № 83635

- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория цифровых устройств и микропроцессоров: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 218 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Генераторы: Г3-53 (3 шт.), Г3-112/1 (3 шт.), Г5-54 (6 шт.);
- Осциллографы GOS-620 (6 шт.);
- Макеты (6 шт.);
- Доска аудиторная;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для

Согласована на портале № 83635

людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение в физику полупроводников.	ОПК-1	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Физические процессы при контакте разнородных материалов	ОПК-1, ОПК-2	Выступление (доклад) на занятии	Примерный перечень тем для выступления (доклада) на занятии
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими p-n переходами	ОПК-1, ОПК-2	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Физические основы управления током канала с помощью управляющего p-n перехода.	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник	ОПК-1, ОПК-2	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	ОПК-1, ОПК-2	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 83635

7 Особенности работы биполярных и полевых транзисторов в ключевых режимах логических схемах	ОПК-1, ОПК-2	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Математическое описание моделей полупроводниковых приборов	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.

Согласована на портале № 83635

3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Полупроводниковый диод включен в обратном направлении. При увеличении запирающего напряжения ширина p-n перехода:
   а) Увеличивается.
   б) Равна 0.
   в) Уменьшается.
   г) Остается неизменной.
2. Полупроводниковый диод включен в обратном направлении. При уменьшении запирающего напряжения величина барьерной емкости:
   а) Уменьшается.
   б) Остается неизменной.
   в) Увеличивается.
   г) Стремиться к 0.
3. Какие типы полупроводниковых материалов используются при создании p-n переходов:
   а) «n» полупроводниковые материалы.
   б) «p» полупроводниковые материалы.
   в) «i» полупроводниковые материалы.
   г) «p-n».
4. Какой полупроводниковый материал обеспечивает наибольшую рабочую температуру:
   а) Ge.
   б) Si.
   в) GaAs.
   г).GaN.
5. Для чего одну из областей p-n перехода выполняют относительно, высокоомной:
   а) Для увеличения быстродействия.
   б) Для увеличения максимального тока.
   в) Для увеличения напряжения пробоя.
   г) Для уменьшения напряжения пробоя.
6. При каком включении диода на p-n переходе выделяется наибольшая мощность:
   а) Обратном.
   б) Прямом.
   в) В области пробоя.
   г) В импульсном режиме.
7. Как меняется емкость p-n перехода при обратном включении и увеличении запирающего напряжения:
   а) Увеличивается.
   б) Не меняется.
   в) Равно 0.
   г) Уменьшается.
8. В какой схеме включения биполярные транзисторы имеют максимальный коэффициент

Согласована на портале № 83635

усиления по мощности:
а) ОБ.
б) ОК.
в) ОЭ.
г) ОИ

9. При каком включении диода на p-n переходе выделяется наименьшая мощность:
а) Обратном.
б) Прямом.
в) В области пробоя.
г) В импульсном режиме.
10. В какой схеме включения биполярные транзисторы имеют максимальное входное сопротивление:
а) ОБ.
б) ОК.
в) ОЭ.
г) ОИ
11. В какой схеме включения биполярные транзисторы имеют наилучшие частотные свойства:
а) ОБ.
б) ОК.
в) ОЭ.
г) ОИ
12. В каких режимах могут работать фотодиоды:
а) Преобразовывать свет-сигнал.
б) Фотогенераторы.
в) Преобразовывать переменное напряжение в постоянное.
г) Автогенератор.
13. Для полевого транзистора с индуцированным «n» каналом в схеме «общий исток» при увеличении отрицательного напряжения на затворе ток стока:
а) Уменьшается.
б) Увеличивается.
в) Остается неизменным.
г) Равен 0.
14. Для полевого транзистора с встроенным «p» каналом в схеме с общим истоком при увеличении отрицательного напряжения на затворе ток стока:
а) Уменьшается.
б) Увеличивается.
в) Не меняется.
г) Равен 0.
15. Какой из видов полевых транзисторов обладает наименьшей чувствительностью к электростатическому пробою:
а) Полевые транзисторы со встроенным каналом.
б) Полевые транзисторы с индуцированным каналом.
в) Полевые транзисторы с «p-n» переходом.
г) Все.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Разрешенные и запрещенные энергетические зоны. Собственная электропроводность полупроводника.
2. Примесная электропроводность полупроводника. Акцепторные примеси. Донорные примеси.
3. Процессы переноса зарядов в полупроводниках. Диффузия носителей заряда. Дрейф носителей заряда.
4. Электрические переходы. Электронно-дырочный переход. Вентильное свойство p-n перехода. Емкость p-n перехода. Виды пробоев p-n перехода.
5. Полупроводниковый диод. Классификация диодов. Основные параметры.
6. Стабилитрон.

Согласована на портале № 83635

7. Варикап.
8. Туннельный диод.
9. Диод Шоттки.
10. Точечный диод.
11. Лавинный диод.
12. Импульсный диод.
13. Биполярный транзистор. Структура и основные режимы работы.
14. Физические процессы в биполярном транзисторе. Основные параметры биполярных транзисторов.
15. Схемы включения транзистора. Схема с общей базой. Схема с общим эмиттером. Схема с общим коллектором. Основные параметры, характеризующие эти схемы включения.
16. Статические характеристики биполярного транзистора.
17. Предельные режимы работы транзистора.
18. Влияние температуры на работу усилительных каскадов. Схема эмиттерной стабилизации. Схема коллекторной стабилизации.
19. Составной транзистор. Схемы составного транзистора.
20. Полевой транзистор. Разновидности полевых транзисторов.
21. Основные параметры полевых транзисторов.
22. Физические процессы в полевом транзисторе с управляющим p-n переходом. Статические характеристики.
23. Структуры полевых транзисторов с изолированным затвором (МДП-транзисторы): со встроенным каналом; с индуцированным каналом.
24. Физические процессы в МДП-транзисторах. Статические характеристики.
25. Схемы включения полевых транзисторов.
26. Принципиальная схема ключа на биполярном транзисторе (pnp, npn). Статический режим работы транзисторного ключа.
27. Переходные процессы в ключевых цепях с биполярными транзисторами (Открывание транзисторного ключа, закрывание транзисторного ключа, временные диаграммы токов и напряжений). Как можно уменьшить время рассасывания, длительности фронта и спада в насыщенном ключе.
28. Принципиальная схема транзисторного ключа с ускоряющей емкостью. Объясните, почему включение конденсатора позволяет сократить время рассасывания, длительности фронта и спада.
29. Принципиальная схема транзисторного ключа с нелинейной обратной связью. Объяснить принцип работы
30. Принципиальная схема ключа на n-канальных МДП-транзисторах. Объяснить принцип работы.
31. Принципиальная схема ключа на p-канальных МДП-транзисторах. Объяснить принцип работы.
32. Принципиальная схема ключа на КМДП-структурах. Объяснить принцип работы.
33. h-параметры. Физический смысл коэффициентов. Эквивалентная схема транзистора с учетом h-параметров.
34. y-параметры. Физический смысл коэффициентов. Эквивалентная схема транзистора с учетом y-параметров.
35. Фотоэлектрические приборы на основе внешнего фотоэффекта. Фотоэлемент. Основные характеристики. Основные параметры.
36. Фотоэлектрические приборы на основе внутреннего фотоэффекта. Фотодиод. Способы включения. Принцип действия. Основные характеристики. Основные параметры.
37. Фототранзистор. Принцип действия. Основные характеристики.
38. Светодиод. Структура. Принцип действия.
39. Оптрон.

9.1.3. Примерный перечень тем для выступления (доклада) на занятии

1. Стабилитрон.
2. Варикап.
3. Туннельный диод.
4. Диод Шоттки.

Согласована на портале № 83635

5. Точечный диод.
6. Лавинный диод.
7. Импульсный диод.

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов, определение параметров исследуемых диодов.
2. Исследование вольт-амперных характеристик и определение параметров биполярных транзисторов.
3. Исследование вольт-амперных характеристик и определение параметров полевых транзисторов
4. Исследование характеристик светодиодов и параметров оптопар
5. Исследование быстродействия насыщенного и ненасыщенного ключа на биполярных транзисторах.
6. Исследование логического элемента на комплементарных полевых транзисторах с индуцированными каналами.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка

Согласована на портале № 83635

С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 83635

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ИРЭТ
протокол № 1 от «25» 2 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Директор, каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Директор, каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52

РАЗРАБОТАНО:

Заведующий кафедрой, каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Разработано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52

Согласована на портале № 83635