

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Электроника

по направлению подготовки / специальности

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) подготовки / специализация:

радиоэлектронные системы передачи информации

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

В.А. Мещеряков

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

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-3 Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий.

ПК-3 Способен формулировать математические модели процессов и явлений, происходящих в радиоэлектронных системах и на их основе проводить компьютерное моделирование и оптимизацию.

ПК-5 Способен формировать и реализовывать программы макетных и экспериментальных исследований.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.1 Имеет представление об историческом и современном состоянии области профессиональной деятельности

ИОПК 2.2 Выделяет научную сущность и проблемные места в решаемых задачах профессиональной деятельности

ИОПК 2.3 Владеет приемами и методами решения проблемных задач профессиональной деятельности

ИОПК 3.1 Знает основные законы функционирования и процессы, происходящие в радиоэлектронных системах и комплексах

ИОПК 3.2 Анализирует, моделирует, прогнозирует поведение радиоэлектронных систем и комплексов

ИОПК 3.3 Владеет навыками работы на современном измерительном и диагностическом оборудовании

ИПК 3.1 Использует фундаментальные знания о физической природе и физических явлениях происходящих элементах и объектах радиоэлектронных систем и комплексов

ИПК 3.2 Разрабатывает математические модели исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем

ИПК 5.1 Формирует программу проведения экспериментальных исследований

ИПК 5.2 Обосновывает программу эксперимента, обрабатывает результаты эксперимента, оценивает погрешности экспериментальных результатов

ИПК 5.3 Владеет: методикой и техникой проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники; методами анализа результатов измерений

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить физические основы работы полупроводниковых приборов, и познакомиться с контактными явлениями на границе металл-полупроводник, электронно-дырочными переходами, биполярными и полевыми транзисторами, оптоэлектронными полупроводниковыми приборами.

– Научиться применять полученные знания в области полупроводниковой электроники для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Седьмой семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Физика», «Дифференциальные уравнения», «Электродинамика», «Радиоэлектроника», «Микропроцессоры».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часов, из которых:

-лекции: 32 ч.

-практические занятия: 28 ч.

-самостоятельная работа обучающегося: 6 ч.

в том числе практическая подготовка: 6 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение

Краткий исторический обзор развития полупроводниковой электроники, роль твердотельных приборов и устройств на их основе в науке и технике. Предмет и содержание курса. Основные понятия физики полупроводников (п/п). Зонная структура п/п. Носители заряда в п/п. Статистика электронов и дырок в п/п. Концентрация носителей заряда и положение уровня Ферми. Концентрация электронов и дырок в собственном п/п. Концентрация электронов и дырок в примесном п/п. Проводимость п/п. Токи в п/п. Неравновесные носители заряда. Уравнение непрерывности.

Тема 2. Контактные явления на границе металл-полупроводник

Термоэлектронная эмиссия из металла и полупроводника, термодинамическая работа выхода. Контакт металл – полупроводник, контактная разность потенциалов. Запорные и антизапорные слои. Распределение потенциала в области пространственного заряда (ОПЗ) запирающего слоя Шоттки. Ширина и емкость запирающего слоя Шоттки, диодная теория выпрямления. Эквивалентная схема диода с барьером Шоттки. Функциональные возможности диодов с барьером Шоттки.

Тема 3. Электронно-дырочные переходы

Образование электронно-дырочного перехода (р–п-перехода), контактная разность потенциалов. Распределение потенциала в ОПЗ р–п-перехода. Ширина и емкость ОПЗ. Диодная теория выпрямления полупроводникового диода. Влияние рекомбинации и генерации носителей в ОПЗ р–п-перехода на вид вольт-амперных характеристик. Частотные свойства полупроводникового диода, эквивалентная схема. Переходные процессы в диодах с р–п-переходом. Электрический пробой р–п-перехода. Функциональные возможности полупроводниковых диодов: выпрямительные диоды, стабилитроны, стабилитроны, импульсные диоды, детекторы СВЧ-диапазона, параметрические диоды, варикапы, шумовой диод.

Тема 4. Диоды для усиления и генерации СВЧ-мощности

Туннельный диод, его вольт-амперная характеристика и частотные свойства. Диод Ганна, вольт-амперная характеристика, формирование домена, возможные режимы

работы. Мощность и коэффициент полезного действия диодов Ганна. Лавинно-пролетный диод.

Тема 5. Биполярные транзисторы

Структура и принцип действия биполярного транзистора (БПТ) в качестве усилителя мощности. Формулы Молла–Эберса. Статические характеристики и коэффициенты передачи тока в различных схемах включения. Дифференциальные параметры БПТ в схеме с общей базой. БПТ в схеме с общим эмиттером. Эффект Эрли. Выражения для переменных токов в транзисторе, его эквивалентная схема. Частотная зависимость коэффициента передачи тока, предельная частота усиления, граничная частота (частота отсечки) коэффициента передачи тока.

Тема 6. Полевые транзисторы

Эффект поля. Типы и устройство полевых транзисторов. Принцип действия и статические характеристики МДП-транзистора. Малосигнальные параметры МДП-транзистора. Эквивалентная схема и быстродействие МДП-транзистора. Ячейка памяти на основе МДП-транзистора. Энергонезависимые элементы памяти на основе МДП-транзистора. Принцип действия и статические характеристики полевого транзистора с р–п-переходом в качестве затвора, его эквивалентная схема и частотные свойства. СВЧ полевые транзисторы с барьером Шоттки.

Тема 7. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы

Фотодиод с р–п-переходом: принцип действия, составляющие фототока, спектральная характеристика фотодиода. Светодиод: принцип действия, спектр излучения светодиода, внешний квантовый выход и мощность излучения.

Тема 8. Интегральные микросхемы

Понятие об интегральной микросхеме (ИМС). Классификация интегральных микросхем. Степень интеграции. Полупроводниковые биполярные ИМС. Топология интегрального биполярного транзистора. МДП – интегральные микросхемы.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения тестов по лекционному материалу и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в седьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос, на который студент должен дать развернутый ответ, и два дополнительных вопроса. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Термоэлектронная эмиссия из металла и полупроводника, термодинамическая работа выхода. Контакт металл – полупроводник, контактная разность потенциалов. Запорные и антизапорные слои.
2. Распределение потенциала в области пространственного заряда (ОПЗ) запирающего слоя Шоттки.
3. Ширина и емкость запирающего слоя Шоттки.
4. Диодная теория выпрямления диода с барьером Шоттки.
5. Эквивалентная схема диода с барьером Шоттки.

6. Образование электронно-дырочного перехода (р–п-перехода), контактная разность потенциалов.
7. Распределение потенциала в ОПЗ и ширина ОПЗ резкого р–п-перехода.
8. Распределение потенциала в ОПЗ и ширина ОПЗ плавного р–п-перехода.
9. Емкость р–п-перехода.
10. Диодная теория выпрямления полупроводникового диода с р–п-переходом.
11. Влияние рекомбинации и генерации носителей в ОПЗ р–п-перехода на вид вольт-амперных характеристик.
12. Эквивалентная схема диода с р–п-переходом.
13. Переходные процессы в диодах с р–п-переходом.
14. Тепловой пробой р–п-перехода.
15. Лавинный и туннельный пробои р–п-перехода.
16. Принцип действия и основные характеристики выпрямительных диодов.
17. Принцип действия и основные характеристики стабилитронов, стабилиторов и импульсных диодов.
18. Принцип действия и основные характеристики детекторов СВЧ-диапазона, варикапов.
19. Принцип действия и основные характеристики шумовых диодов и диодов с накоплением заряда.
20. Туннельный диод, его вольт-амперная характеристика и частотные свойства.
21. Диод Ганна, вольт-амперная характеристика, формирование домена, возможные режимы работы. Мощность и коэффициент полезного действия диодов Ганна.
22. Структура и принцип действия биполярного транзистора в качестве усилителя мощности.
23. Выражения для постоянных токов в транзисторе.
24. Коэффициент передачи тока на низкой частоте в схеме с общей базой.
25. Статические характеристики и коэффициенты передачи тока в различных схемах включения. (Расписать схему с общей базой; по схеме с общим эмиттером изобразить входные и выходные характеристики, и связь коэффициентов передачи тока.)
26. Эквивалентная схема транзистора. Частотная зависимость коэффициента передачи тока, предельная частота усиления, граничная частота (частота отсечки) коэффициента передачи тока.
27. Принцип действия и статические характеристики МДП - транзистора.
28. Влияние типа канала на ВАХ МДП – транзисторов. Эффект смещения подложки. Малосигнальные параметры. Эквивалентная схема и быстродействие МДП-транзистора.
29. Ячейка памяти на основе МДП-транзистора. Энергонезависимые элементы памяти на основе МДП-транзистора.
30. Принцип действия и статические характеристики полевого транзистора с затвором в виде р-п-перехода. СВЧ полевые транзисторы с барьером Шоттки.
31. Принцип действия и основные характеристики фотодиодов.
32. Принцип действия и основные характеристики светодиодов.

Примеры дополнительных вопросов:

1. Поясните механизм формирования и структуру (т.е. расположение и типы зарядов) запирающего слоя Шоттки.
2. Какой вид имеют зависимости ширины запирающего слоя и его ёмкости от напряжения?
3. Какие элементы включает эквивалентная схема диода Шоттки при малом сигнале и при наличии прямого и обратного постоянных смещений и как они соединены?
4. Механизм формирования р–п-перехода.
5. Дайте определения резкого и плавного р–п-переходов.

6. Какой вид имеют зависимости ширины и ёмкости области пространственного заряда (ОПЗ) от прямого и обратного напряжений для ступенчатого и плавного р–п-переходов?
7. Поясните физический смысл инжекционной и рекомбинационной составляющих прямого тока через р–п-переход. Как они зависят от напряжения?
8. Поясните физический смысл диффузионной (ток экстракции) и генерационной составляющих обратного тока через р–п-переход. Как они зависят от напряжения?
9. Какие элементы включает эквивалентная схема диода с р–п-переходом на малом переменном сигнале. Какие элементы останутся при большом обратном напряжении?
10. Поясните физический смысл барьерной и диффузионной емкостей диода с р–п-переходом.
11. Какими физическими процессами обусловлен переходный процесс при переключении диода из пропускного в запирающее состояние?
12. При выполнении каких условий полупроводниковый диод может выпрямлять переменный ток?
13. В чем преимущества использования структур с барьером Шоттки для создания импульсных диодов и детекторов СВЧ-диапазона?
14. Кратко охарактеризуйте туннельный диод: требования к полупроводникам, принцип работы.
15. Какой физический процесс обуславливает появление на ВАХ диода Ганна участка с отрицательной дифференциальной проводимостью.
16. Перечислите возможные режимы работы диода Ганна.
17. Поясните принцип усиления напряжения биполярным транзистором в схеме с общей базой.
18. Что такое эффект Эрли?
19. Дайте определение частоты отсечки биполярного транзистора. Какими процессами в транзисторе она определяется?
20. Кратко опишите принцип работы и структуру полевого транзистора с р–п-переходом в качестве затвора и поясните механизм усиления переменного сигнала.
21. Кратко опишите принцип работы и структуру МДП транзистора с р–п-переходом в качестве затвора и поясните механизм усиления переменного сигнала.
22. Типы МДП транзисторов.
23. Качественно опишите процессы, проходящие при различных типах пробоя.
24. Качественно опишите принцип работы варикапа.
25. Качественно опишите принцип работы стабилитрона и импульсного диода.
26. Качественно опишите принцип работы МДП-транзистора с изолированным затвором.
27. Качественно опишите принцип работы элементов памяти на основе МНОП полевых транзисторов
28. Качественно опишите принцип работы элементов памяти на основе МОП транзисторов с плавающим затвором.
29. Качественно опишите принцип работы фотодиода.
30. Качественно опишите принцип работы светодиода.

Результаты промежуточной аттестации по дисциплине характеризуются оценками «зачтено» или «не зачтено» в соответствии с таблицей.

Компетенция	Индикатор компетенции	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
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.	ИОПК-2.1. Имеет представление об историческом и современном состоянии области профессиональной деятельности. ИОПК-2.2. Выделяет научную сущность и проблемные места в решаемых задачах профессиональной деятельности. ИОПК-2.3. Владеет приемами и методами решения проблемных задач профессиональной деятельности.	Не владеет элементарными знаниями в области физики полупроводников, о месте полупроводниковой электроники в развитии науки и техники, о современных тенденциях развития полупроводниковой электроники. Не способен использовать полупроводниковые приборы для решения профессиональных задач, преобразования, передачи и хранения информации. Не владеет элементарными приемами исследования характеристик полупроводниковых приборов.	Применяет элементарные знания в области физики полупроводников, о месте полупроводниковой электроники в развитии науки и техники, о современных тенденциях развития полупроводниковой электроники. Использует полупроводниковые приборы для решения профессиональных задач, преобразования, передачи и хранения информации. Применяет элементарные приемы исследования характеристик полупроводниковых приборов.
ОПК-3. Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий	ИОПК-3.1. Знает основные законы функционирования и процессы, происходящие в радиоэлектронных системах и комплексах. ИОПК-3.2. Анализирует, моделирует, прогнозирует поведение радиоэлектронных систем и комплексов. ИОПК-3.3. Владеет навыками работы на современном измерительном и диагностическом оборудовании.	Не владеет элементарными знаниями об основных законах функционирования полупроводниковой элементной базы в радиоэлектронных системах и комплексах. Не владеет методами моделирования и анализа характеристик полупроводниковой элементной базы в радиоэлектронных системах и комплексах. Не способен использовать современное измерительное и диагностическое оборудование для исследования характеристик полупроводниковых приборов.	Применяет элементарные знания об основных законах функционирования полупроводниковой элементной базы в радиоэлектронных системах и комплексах. Применяет методы моделирования и анализа характеристик полупроводниковой элементной базы в радиоэлектронных системах и комплексах. Использует современное измерительное и диагностическое оборудование для исследования характеристик полупроводниковых приборов.
ПК-3. Способен	ИПК-3.1. Использует фундаментальные знания о	Не способен использовать фундаментальные знания о	Использует фундаментальные знания о

формулировать математические модели процессов и явлений, происходящих в радиоэлектронных системах и на их основе проводить компьютерное моделирование и оптимизацию.	физической природе и физических явлениях происходящих элементах и объектах радиоэлектронных систем и комплексов. ИПК-3.2. Разрабатывает математические модели исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем.	физической природе и физических явлениях в полупроводниковых приборах для анализа работы радиоэлектронных систем и комплексов. Не способен разрабатывать элементарные схемы и электронные системы на основе полупроводниковых приборов.	физической природе и физических явлениях в полупроводниковых приборах для анализа работы радиоэлектронных систем и комплексов. Разрабатывает элементарные схемы и электронные системы на основе полупроводниковых приборов.
ПК-5. Способен формировать и реализовывать программы макетных и экспериментальных исследований	ИПК-5.1. Формирует программу проведения экспериментальных исследований. ИПК-5.2. Обосновывает программу эксперимента, обрабатывает результаты эксперимента, оценивает погрешности экспериментальных результатов. ИПК-5.3. Владеет: методикой и техникой проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники; методами анализа результатов измерений	Не способен формулировать цель и задачи экспериментальных исследований полупроводниковых приборов, подобрать необходимые методы для решения задач экспериментальных исследований. Не способен проводить экспериментальное исследование и анализ характеристик полупроводниковых приборов. Не владеет знаниями о методах экспериментальных исследований полупроводниковых приборов.	Формулирует цель и задачи экспериментальных исследований полупроводниковых приборов, подобрать необходимые методы для решения задач экспериментальных исследований. Проводит экспериментальное исследование и анализ характеристик полупроводниковых приборов. Применяет знания о методах экспериментальных исследований полупроводниковых приборов.

Для получения оценки «зачтено» необходимо выполнить все задания текущего контроля и ответить на вопросы письменного зачета. Пропуски занятий не допускаются, в противном случае студенту при сдаче зачета в письменном виде задаются 2 дополнительных вопроса за каждый пропуск.

Оценка «зачтено» соответствует оценке «удовлетворительно» и выше пятибалльной системы оценок. Студент после освоения дисциплины должен знать основные типы полупроводниковых приборов, их функциональные возможности и области применения в радиоэлектронных системах и комплексах, уметь качественно объяснить и математически описать физические процессы, лежащие в основе действия полупроводниковых приборов различного назначения, владеть навыками экспериментального определения и расчетов параметров и характеристик основных полупроводниковых приборов.

Первая часть письменного зачета содержит 1 вопрос, на который студент должен дать развернутый ответ, проверяет ИОПК-2.1, ИОПК-2.2, ИОПК-2.3, ИОПК-3.1, ИОПК-3.2 и ИОПК-3.3. Ответы на вопросы первой части даются путем выбора из списка предложенных.

Вторая часть содержит два вопроса, проверяющих ИПК-3.1, ИПК-3.2, ИПК-5.1, ИПК-5.2 и ИПК-5.3. Ответы на вопросы второй части предполагают анализ основных выражений и характеристик полупроводниковых приборов.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=14314>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (п. 9, 10).

в) Методические указания по проведению практических работ: <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=14314>

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы / Пасынков В. В., Чиркин Л. К. - 9-е изд. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 480 с. – Электронный ресурс: ЭБС Лань (доступно в локальной сети ТГУ). – URL: <https://e.lanbook.com/book/167773>

2. Смирнов Ю. А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. – Изд. 2-е, испр. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2021. - 495 с. – Электронный ресурс: ЭБС Лань (доступно в локальной сети ТГУ). – URL: <https://e.lanbook.com/book/168550>

3. Гермогенов В.П. Материалы, структуры и приборы полупроводниковой оптоэлектроники: учебное пособие: для студентов старших курсов вузов / В.П. Гермогенов; Нац. исслед. Том. гос. ун-т. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. – 271 с. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000511917>

4. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров [Электрон. ресурс]: электронный учебный курс на сайте кафедры физики твердого тела ПетрГУ. Электрон. дан. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2007. <http://solidstate.karelia.ru/p/tutorial/ftt/index.htm>

5. Дорохин М.В., Здравейцев А.В. Диод Шоттки на основе GaAs: технология получения и диагностика: Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. – 75 с. <https://e.lanbook.com/book/153364>

б) дополнительная литература:

1. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов: Учебное пособие. – 2-е изд. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – 426 с.

2. Малянов С.В., Калыгина В.М. Сборник задач по физике биполярных полупроводниковых приборов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2008. – 112 с

в) ресурсы сети Интернет:

1. Гермогенов В.П., Вячистая Ю.В. Полупроводниковая электроника [Электрон. ресурс]: электронный учебный курс на базе виртуальной обучающей среды MOODLE Электрон. дан. – Томск: ТГУ, 2014. – URL: <http://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=1821>

2. Гермогенов В.П., Вячистая Ю.В. Полупроводниковая оптоэлектроника [Электрон. ресурс]: электронный учебный курс на базе виртуальной обучающей среды MOODLE Электрон. дан. – Томск: ТГУ, 2014. – URL: <http://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=1825> – доступ для обучающихся в ТГУ.

3. Полупроводниковые приборы (материалы клуба 155): электронный ресурс. – URL: <http://www.club155.ru/stintro>

4. Полупроводниковые и оптоэлектронные приборы (Методичкус): электронный ресурс. – URL: <https://3ys.ru/poluprovodnikovye-i-optoelektronnye-pribory.html>

5. Демонстрационные модели свойств полупроводников и полупроводниковых приборов (Purdue University, Gerhard Klimeck, Benjamin P Haley): электронный ресурс. – URL: <https://nanohub.org/resources/6842>

6. Светодиоды (иллюстрации Ф. Шуберта): электронный ресурс. – URL: <https://www.ecse.rpi.edu/~schubert/Light-Emitting-Diodes-dot-org/>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office 2010 Russian Academic Open, Microsoft Windows Professional 7 Academic Open (Лицензия №47729022 от 26.11.2010);

– пакет программного обеспечения PTC MathCad Education (Договор поставки №7193 от 14.10.2015);

– пакет SMath Studio для решения задач на практических занятиях (в свободном доступе);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека. – URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp?>

– Электронно-библиотечная система «Лань» (доступ из сети НИ ТГУ). – URL: <http://e.lanbook.com/>

– Scopus: база данных цитирования издательства Elsevier (доступ из сети НИ ТГУ). – URL: <http://www.scopus.com/>

– Web of Science: база данных цитирования компании Clarivate Analytics (доступ из сети НИ ТГУ). – URL: <http://webofknowledge.com/WOS>

в) профессиональные базы данных (*при наличии*):

– Физика и техника полупроводников (научный журнал РАН): электронная версия. – URL: <https://journals.ioffe.ru/journals/2>

– Новые полупроводниковые материалы. Характеристики и свойства: база данных ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН. – URL: <http://www.matprop.ru/>

– Справочник по электронным компонентам. – URL: <http://kazus.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Освоение дисциплины обеспечено наличием учебной лаборатории полупроводниковой электроники на кафедре полупроводниковой электроники НИ ТГУ, где имеются маркерная доска, мультимедийный проектор с экраном, 9 компьютерных рабочих мест для обработки результатов и моделирования характеристик полупроводниковых приборов, а также приборы и установки для измерения характеристик полупроводниковых приборов: установка для измерения вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов на базе источника-измерителя Keithley 2611В с компьютером; цифровой измеритель индуктивности, емкости и сопротивления Е7-12; лабораторная установка для изучения переходных процессов в полупроводниковых диодах, включающая генератор прямоугольных импульсов Г5–54 и осциллограф АКИП-4122/1V; характериограф TR-4805 для наблюдения вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов; лабораторная установка для измерения характеристик

диодов Ганна; характериограф для наблюдения характеристик транзисторов Л2-100 ТЕКО; измеритель параметров полупроводниковых приборов ИППП-1 с управляющим компьютером.

Учебно-наглядные пособия: таблица фундаментальных физических постоянных, Периодическая система элементов Д.И. Менделеева, демонстрационные наборы полупроводниковых приборов.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Алмаев Алексей Викторович, кандидат физ.-мат. наук, кафедра полупроводниковой электроники НИ ТГУ, доцент.