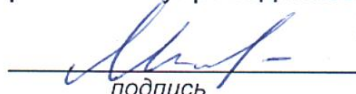


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующая кафедрой  
физики полупроводников и микроэлектроники

  
подпись

(Меньшикова Т.Г.)  
расшифровка подписи

05.06.2025

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.07 Компактные модели полупроводниковых приборов

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.04.03 Радиофизика

2. Профиль подготовки: Микроэлектроника и полупроводниковые приборы

3. Квалификация (степень) выпускника: магистр

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

физики полупроводников и микроэлектроники

6. Составители программы: Богатилов Евгений Васильевич

кандидат физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована: НМС физического факультета протокол №6 от 04.06.2025

8. Учебный год: 2026-2027 Семестр: 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины: целью освоения учебной дисциплины является формирование навыков разработки модели транзистора и реализации её для использования в схмотехническом моделировании.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение классификации моделей транзисторов и основных особенностей современных компактных моделей;
- знакомство с алгоритмом экстракции параметров моделей СВЧ-транзисторов на примере полевых транзисторов на основе нитрида галлия;

- овладение методикой выделения внешних паразитных элементов и внутренних параметров транзистора на основе результатов измерений малосигнальных S-параметров с преобразованием их в линейную модель транзистора;
- формирование навыков разработки нелинейной модели транзистора на основе результатов импульсных измерений ВАХ с учётом эффекта захвата носителей заряда на ловушках;
- формирование навыков использования метода согласованных нагрузок для подтверждения корректности модели;
- знакомство с методами выделения основных параметров транзистора на основе приборно-технологического моделирования;
- формирование навыков разработки модели транзистора в корпусе с учётом моделей корпуса и соединений;
- формирование навыков реализации разработанных моделей для схемотехнического моделирования с помощью языков проектирования аппаратуры аналогового и смешанного сигналов.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1. Для ее усвоения требуются знания, формируемые при освоении ОПОП в рамках курсов теории и техники современного радиофизического эксперимента, схемотехники интегральных схем, приборно-технологического проектирования элементной базы радиоэлектронных устройств.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудового действия ТД.2 «Разработка моделей элементов МИС СВЧ. Моделирование характеристик наногетероструктурных МИС СВЧ. Выбор программного обеспечения для построения моделей элементов и конструирования МИС СВЧ» трудовой функции В/01.7 «Конструирование наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем в соответствии с техническим заданием для выбираемой технологии» профессионального стандарта 40.003 «Инженер-конструктор в области производства наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем».

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-1	Способен принимать участие в разработке и научных исследованиях систем связи и телекоммуникаций	ПК-1.2	Владеет фундаментальными знаниями в области полупроводниковой СВЧ-электроники	<p><i>Знать:</i> классификацию моделей транзисторов и основные особенности современных компактных моделей.</p> <p><i>Уметь:</i> Выбирать модель транзистора, обеспечивающую достаточную точность при работе в заданных условиях.</p> <p><i>Владеть:</i> математическим аппаратом для описания короткоканальных</p>

				эффектов в транзисторах.
ПК-2	Способен принимать участие в разработке и научных исследованиях полупроводниковой элементной базы радиоэлектронных устройств	ПК-2.2	Разрабатывает модели СВЧ полупроводниковых устройств с помощью систем технологического проектирования	<p><i>Знать:</i>  алгоритм экстракции параметров моделей СВЧ-транзисторов;  методику определения S-параметров транзистора;  методику импульсных измерений ВАХ;  методику синхронизированного измерения S-параметров и импульсных измерений ВАХ;  методику определение эффектов захвата носителей на ловушках.</p> <p><i>Уметь:</i>  выделять внешние паразитные элементы и внутренние параметры транзистора на основе результатов измерений S-параметров с преобразованием их в линейную модель транзистора;  определять основные параметры транзистора на основе приборно-технологического моделирования;  разрабатывать нелинейную модель транзистора на основе результатов импульсных измерений ВАХ;  описывать тепловую модель транзистора в корпусе;  учитывать эффект захвата носителей заряда на ловушках;  использовать метод согласованных нагрузок для подтверждения корректности модели.</p> <p><i>Владеть:</i>  языками проектирования аппаратуры для реализации модели транзистора.</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 3 / 108.**

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы		Трудоемкость (часы)	
		Всего	По семестрам
			3 сем.
Аудиторные занятия,		38	38
в том числе:	лекции	26	26
	практические	12	12
Самостоятельная работа		34	34

Форма промежуточной аттестации: экзамен	36	36
Итого:	108	108

### 13.1. Содержание дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>Лекции</b>			
1.1	Классификация моделей транзисторов	Физические, компактные и поведенческие модели транзисторов. Типы компактных моделей транзисторов. Основные параметры компактных моделей транзисторов. Эффект модуляции длины канала. Эффект снижения барьера, вызванного стоком. Эффекты «горячих» носителей. Модель BSIM4. Модель EKV.	-
1.2	Создание линейной модели транзистора	S-параметры транзисторов. Методика определения S-параметров. Методика определения внешних паразитных параметров транзисторов. Методика вычисления внутренних параметров транзисторов. Оптимизация линейной модели. Преобразование S-параметров в Y- и Z-параметры. Определение параметров модели по приборно-технологическому моделированию.	-
1.3	Создание электротермической модели транзистора	Методика импульсных измерений ВАХ. Тепловое сопротивление. Тепловая емкость. Моделирование теплового сопротивления. Учет влияния конструкции корпуса на тепловое сопротивление и тепловую емкость транзистора. Температурно-зависимые параметры модели транзистора.	-
1.4	Создание нелинейной модели транзистора	Нелинейная модель выходного источника тока. Методика синхронизированного измерения S-параметров и импульсных измерений ВАХ. Одномерные и двумерные модели ёмкости. Нелинейные емкости в радиочастотной модели транзистора.	-
1.5	Создание модели задержек при работе транзистора	Эффекты поверхностного захвата носителей заряда. Эффекты захвата носителей заряда в буферном слое. Методика определения эффектов захвата носителей на ловушках. Дополнительные элементы модели транзистора для моделирования захвата носителей на ловушках.	-
1.6	Реализация моделей на языках проектирования аппаратуры	Основы создания моделей транзисторов в Verilog-A и Verilog-AMS. Встраивание моделей транзисторов в Micro-Cap.	-

Практические занятия			
2.1	Классификация моделей транзисторов		
2.2	Создание линейной модели транзисторов	Занятие 1. Определение внешних и внутренних параметров транзисторов на основе S-параметров.	-
2.3	Создание электротермической модели транзисторов	Занятие 2. Определение теплового сопротивления транзистора в корпусе на основе импульсных ВАХ.	-
2.4	Создание нелинейной модели транзисторов	Занятие 3. Определение нелинейных параметров транзистора.	-
2.5	Создание модели задержек при работе транзистора	Занятие 4. Определение эффектов захвата носителей заряда по импульсным ВАХ.	-
2.6	Реализация моделей на языках проектирования аппаратуры	Занятие 5. Реализация линейной модели транзистора. Занятие 6. Реализация нелинейной модели транзистора.	-

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Практические	Самостоятельная работа	Всего
1	Классификация моделей транзисторов	4	-	2	6
2	Создание линейной модели транзисторов	6	2	8	16
3	Создание электротермической модели транзисторов	4	2	6	12
4	Создание нелинейной модели транзисторов	4	2	8	14
5	Создание модели задержек при работе транзистора	4	2	6	12
6	Реализация моделей на языках проектирования аппаратуры.	4	4	4	12
	Экзамен				36
	Итого:	26	12	34	108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Компактные модели полупроводниковых приборов» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Дисциплина «Компактные модели полупроводниковых приборов» может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо

выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
  - понимать значение и важность ее в данном курсе;
  - четко представлять план;
  - уметь выделить основное, главное;
  - усвоить значение примеров и иллюстраций;
  - связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
  - представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.
- Существует несколько общих правил работы на лекции:
- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
  - к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
  - лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
  - так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
  - записывать надо сжато;
  - во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в семинарских и практических занятиях, подготовкой и сдачей экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью. Это обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа — это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимися знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Компактные модели полупроводниковых приборов» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение практических заданий, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Компактные модели полупроводниковых приборов» включает в себя:

- |                                    |             |
|------------------------------------|-------------|
| изучение теоретической части курса | - 22 часа;  |
| подготовку к практическим занятиям | - 12 часов; |

Итого - 34 часов.

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:**

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Петров, М. Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем : учебное пособие / М. Н. Петров, Г. В. Гудков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-1075-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/209609">https://e.lanbook.com/book/209609</a>
2	Денисенко, В. В. Компактные модели МОП-транзисторов для SPICE в микро- и нанoeлектронике : монография / В. В. Денисенко. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 408 с. — ISBN 978-5-9221-1200-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/2136">https://e.lanbook.com/book/2136</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Зебрев, Г. И. Физические основы кремниевой наноэлектроники : учебное пособие / Г. И. Зебрев. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 243 с. — ISBN 978-5-00101-830-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/135537">https://e.lanbook.com/book/135537</a>
4	Амелина, М. А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10 : учебное пособие для вузов / М. А. Амелина, С. А. Амелин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 632 с. — ISBN 978-5-8114-6995-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/153923">https://e.lanbook.com/book/153923</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
8	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
9	ЭБС Лань
10	ЭБС «Университетская библиотека online»
11	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» (ЭБС «Консультант студента»)*
12	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

**16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:**

№ п/п	Источник
1	Невежин Е.В. Анализ аналоговых интегральных структур в малосигнальном приближении : учебно-методическое пособие / Е. В. Невежин, А. С. Мамонов, Е. В. Богатиков. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020. — 84 с.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебного процесса по дисциплине:**

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"



3	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>
---	---

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционные занятия проводятся в мультимедийном кабинете кафедры ФППиМЭ, оснащённым стационарным мультимедийным проектором AcerX125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт., экран, с лицензионным программным обеспечением Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Для проведения лабораторных работ необходим компьютерный класс с лицензионным программным обеспечением - лаборатория вычислительных систем и математического моделирования, оснащенная сервером на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт. , подключенные к сети Интернет с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ и с лицензионным программным обеспечением: Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; программный комплекс для ЭВМ – MathWorks Total Academic Headcoun, Университетская лицензия, договор 3010-07/01-19 от 09.01.19; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Аудитория для самостоятельной работы студентов оснащена сервером на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт. , подключенные к сети Интернет с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ и лицензионным программным обеспечением: Microsoft Windows 7, Windows 10, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Классификация моделей транзисторов	ПК-1	ПК-1.2	Комплект КИМ
2	Создание линейной модели транзисторов	ПК-2	ПК-2.2	Результаты практического занятия 1
3	Создание электротермической модели транзисторов	ПК-2	ПК-2.2	Результаты практического занятия 2
4	Создание нелинейной модели транзисторов	ПК-2	ПК-2.2	Результаты практического занятия 3
5	Создание модели задержек при работе транзистора	ПК-2	ПК-2.2	Результаты практического занятия 4
6	Реализация моделей на языках проектирования аппаратуры.	ПК-2	ПК-2.2	Результаты практических занятий 5 и 6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
Промежуточная аттестация: форма контроля - экзамен				Комплект КИМ

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью оценки результатов практических работ.

#### Перечень тем практических работ

Занятие 1. Определение внешних и внутренних параметров транзисторов на основе S-параметров.

Занятие 2. Определение теплового сопротивления транзистора в корпусе на основе импульсных ВАХ.

Занятие 3. Определение нелинейных параметров транзистора.

Занятие 4. Определение эффектов захвата носителей заряда по импульсным ВАХ.

Занятие 5. Реализация линейной модели транзистора.

Занятие 6. Реализация нелинейной модели транзистора.

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, результаты выполнения практических заданий, на основе которых выставляется предварительная оценка.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся полностью владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины) и правильно выполняет все задания.	Полностью сформирована	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины) и в целом правильно выполняет все задания, но допускает незначительные ошибки.	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки, однако допускает ошибки. Он в целом правильно выполняет все задания, однако при выполнении некоторых заданий допускает существенные ошибки.	Базовый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач		<i>Неудовлетворительно</i>

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### **Перечень вопросов к экзамену**

1. Физические, компактные и поведенческие модели транзисторов.
2. Типы компактных моделей транзисторов.
3. Основные параметры компактных моделей транзисторов.
4. Эффект модуляции длины канала.
5. Эффект снижения барьера, вызванного стоком.
6. Эффекты «горячих» носителей.
7. Модель BSIM4.
8. Модель EKV.
9. S-параметры транзисторов.
10. Методика определения S-параметров.
11. Методика определения внешних паразитных параметров транзисторов.
12. Методика вычисления внутренних параметров транзисторов.
13. Оптимизация линейной модели.
14. Преобразование S-параметров в Y- и Z-параметры.
15. Определение параметров модели по приборно-технологическому моделированию.
16. Методика импульсных измерений ВАХ.
17. Тепловое сопротивление. Тепловая емкость.
18. Учет влияния конструкции корпуса на тепловое сопротивление и тепловую емкость транзистора.
19. Температурно-зависимые параметры модели транзистора.
20. Нелинейная модель выходного источника тока.
21. Методика синхронизированного измерения S-параметров и импульсных измерений ВАХ.
22. Одномерные и двумерные модели ёмкости.
23. Нелинейные емкости в радиочастотной модели транзистора.
24. Эффекты поверхностного захвата носителей заряда. Эффекты захвата носителей заряда в буферном слое.
25. Методика определения эффектов захвата носителей на ловушках.
26. Дополнительные элементы модели транзистора для моделирования захвата носителей на ловушках.
27. Основы создания моделей транзисторов в Verilog-A и Verilog-AMS.

## 28. Встраивание моделей транзисторов в Micro-Cap.

### Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен.

Оценка уровня освоения дисциплины «Компактные модели полупроводниковых приборов» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения практических заданий;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Компактные модели полупроводниковых приборов»:

Критерии оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если он полностью владеет понятийным аппаратом данной области науки и правильно выполняет все задания.
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если он владеет понятийным аппаратом данной области науки и в целом правильно выполняет все задания, допуская незначительные ошибки.
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если владение понятийным аппаратом данной области науки сопряжено с ошибками, студент в целом правильно выполняет все задания, однако при выполнении некоторых заданий допускает существенные ошибки.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если владение понятийным аппаратом данной области науки фрагментарно, и студент допускает грубые ошибки при выполнении большинства заданий.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.