

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 09.07.2023 20:53:25

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике

Закреплена за подразделением

Кафедра ППЭ и ФПП

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 5

аудиторные занятия 51

самостоятельная работа 57

часов на контроль 36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

ктн, доцент, Орлова Марина Николаевна; старший преп., Борзых Ирина Вячеславовна

Рабочая программа

Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 02.04.2015 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра ППЭ и ФПП

Протокол от 21.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Диденко Сергей Иванович

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Целью освоения дисциплины является формирование у студентов компенсаций в соответствии с учебным планом в области электроники и нанoeлектроники, применительно к метрологии, стандартизации и техническим измерениям, научить определять погрешности методов измерения, использовать метрологические характеристики средств измерений для решения научно-технических задач по определению свойств материалов и заготовок на их основе, проводить измерения опытных образцов изделий электронной техники, дать представление об основах стандартизации, правилах разработки, оформления и применения документов по стандартизации.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.2	Методы математической физики	
2.1.3	Основы квантовой механики	
2.1.4	Практическая кристаллография	
2.1.5	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.6	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.7	Физика	
2.1.8	Физическая химия	
2.1.9	Математика	
2.1.10	Органическая химия	
2.1.11	Химия	
2.1.12	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Биполярные полупроводниковые приборы	
2.2.2	Квантовая и оптическая электроника	
2.2.3	Научно-исследовательская работа	
2.2.4	Научно-исследовательская работа	
2.2.5	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.7	Технология материалов электронной техники	
2.2.8	Физика магнитных явлений	
2.2.9	Дефекты в оптоэлектронных полупроводниковых приборах на широкозонных материалах	
2.2.10	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.2.11	Компьютерные технологии проектирования процессов нанoeлектроники	
2.2.12	Материаловедение ферритов и родственных магнитных систем	
2.2.13	Методы исследования материалов и структур электроники	
2.2.14	Нанoeлектроника полупроводниковых приборов и устройств	
2.2.15	Основы проектирования электронной компонентной базы. Пакеты прикладных программ	
2.2.16	Основы технологии электронной компонентной базы. Технология тонких пленок	
2.2.17	Оформление результатов научной деятельности	
2.2.18	Полевые полупроводниковые приборы	
2.2.19	Полупроводниковая нанoeлектроника	
2.2.20	Физико-математические модели процессов нанoeлектроники	
2.2.21	Функциональная нанoeлектроника	
2.2.22	Вакуумная и плазменная электроника	
2.2.23	Квантоворазмерные структуры в нанoeлектронике	
2.2.24	Магнитные измерения	
2.2.25	Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики	
2.2.26	Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники	
2.2.27	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.28	Основы радиационной стойкости изделий электронной техники	
2.2.29	Основы технологии электронной компонентной базы	

2.2.30	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.31	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.32	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.33	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.34	Приборы квантовой и оптической электроники
2.2.35	Процессы вакуумной и плазменной электроники
2.2.36	Светоизлучающие полупроводниковые приборы
2.2.37	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики
2.2.38	Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом
2.2.39	Элементы и устройства магнитоэлектроники

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области	
Знать:	
ОПК-2-31 основные приемы обработки и представления полученных данных	
ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники	
Знать:	
ПК-4-31 формы представления статистических данных	
ПК-1: Способность контролировать подготовку и техническое оснащение рабочих мест на участках производства изделий микроэлектроники	
Знать:	
ПК-1-31 основное технологическое оборудование, контрольно-измерительное и вспомогательное оборудование производства изделий микроэлектроники и принципы его работы	
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения	
Знать:	
УК-2-31 действующие правовые нормы (СНиП, ГОСТ, РМГ, ОСТ, ТУ, ТК)	
ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники	
Уметь:	
ПК-4-У1 оценивать достоверность результатов статистического анализа	
ПК-1: Способность контролировать подготовку и техническое оснащение рабочих мест на участках производства изделий микроэлектроники	
Уметь:	
ПК-1-У1 определять соответствие технической оснащенности рабочих мест требованиям технической документации	
ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники	
Уметь:	
ПК-4-У2 оформлять протокол измерений и испытаний опытной партии образцов изделий электронной техники	
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения	
Уметь:	
УК-2-У1 обосновывать принятые решения в рамках поставленной цели	
ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области	
Уметь:	
ОПК-2-У1 проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	

ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники
Владеть:
ПК-4-В3 навыками анализа результатов измерений и испытаний выборки опытной партии образцов изделий электронной техники
ПК-4-В1 методами сбора, анализа и обобщения научно-технической информации
ПК-4-В2 способами организации выборки опытной партии образцов изделий электронной техники
ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
Владеть:
ОПК-2-В1 методами проведения детального исследования для решения задач
ПК-1: Способность контролировать подготовку и техническое оснащение рабочих мест на участках производства изделий микроэлектроники
Владеть:
ПК-1-В1 навыками в области проверки уровня технического оснащения рабочих мест на производстве изделий микроэлектроники на соответствие нормам технической документации
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения
Владеть:
УК-2-В1 оптимальными способами решения задач

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Метрология							
1.1	Предмет и задачи метрологии /Лек/	5	1	УК-2-31 ПК-4-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э4 Э18			
1.2	Виды метрологии - теоретическая, прикладная, законодательная /Лек/	5	2	ПК-4-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э9			
1.3	Метрологические характеристики средств измерений и их нормирование /Лек/	5	2	ПК-4-В2	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э7			
1.4	Метрологическое обеспечение измерительных систем /Ср/	5	4	ПК-4-В2	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э8			
1.5	Правовые основы метрологического обеспечения. Основные положения Закона РФ «Об обеспечении единства измерений» /Лек/	5	2	УК-2-31	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э6			
1.6	Погрешность измерений. Виды погрешностей. Поверка и калибровка средств измерений /Пр/	5	2	ОПК-2-31 ПК-4-У1 ПК-4-В2 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э1 Э12	Решение типовых задач		
1.7	Эталоны и образцовые средства измерений. Государственная поверочная схема /Пр/	5	2	ОПК-2-31 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э1 Э5 Э10 Э13			

1.8	Измерение вольтамперных характеристик для диагностики качества приборов нанoeлектроники /Лаб/	5	5	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3.1 Э3 Э8 Э11 Э12	Методически е указания по выполнению лабораторных работ, на кафедре, бумажный и электронный носитель	КМ2	Р4
1.9	РМГ 29-2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения" (введены в действие Приказом Росстандарта от 05.12.2013 N 2166-ст) /Ср/	5	4	УК-2-31 ПК-4-В1 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3.1 Э1			
1.10	Точность и неопределенность измерений /Ср/	5	4	ОПК-2-31 ПК-4-У1 ПК-4-В2	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э14			
1.11	Домашняя работа. Классификация полупроводниковых приборов /Ср/	5	6	УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-4-У2 ПК-4-В1 ПК-4-В3	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3.1 Э1 Э3 Э4	Методически е указания по выполнению домашних работ, на кафедре, бумажный и электронный носитель		
1.12	Проработка учебно-методического материала для подготовки к практическим занятиям /Ср/	5	4	УК-2-В1 ОПК-2-В1 ПК-4-В1 ПК-4-В3	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3.1 Э3 Э5 Э9 Э10			
1.13	Проработка учебно-методического материала для подготовки к лабораторным работам /Ср/	5	4	ОПК-2-31 ОПК-2-В1 ПК-4-В1 ПК-4-В3 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3.1 Э8 Э11			
Раздел 2. Стандартизация								
2.1	Основные понятия и определения в области стандартизации. Принципы и методы стандартизации /Лек/	5	2	УК-2-31 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3Л3.1 Э17			
2.2	Положения Государственной системы технического регулирования и стандартизации. основополагающие Государственные стандарты /Пр/	5	2	УК-2-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3.1 Э17	Обзор электронных баз данных		
2.3	Нормативные документы по стандартизации, их категории /Лек/	5	2	УК-2-31 ПК-4-У2 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3.1 Э17			

2.4	Требования и порядок разработки стандартов. Понятие унификации и агрегатирования /Пр/	5	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1	Порядок разработки, оформления, согласования, утверждения, принятия, учета, обновления и отмены. Методы стандартизации: упорядочение объектом, параметрическая стандартизация, унификация продукции, агрегатирование.		
2.5	Стандартизация - деятельность по установлению правил /Ср/	5	4	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э2			
2.6	Органы и службы стандартизации. Информационное обеспечение в области стандартизации. Международная информационная система. Международные организации по стандартизации /Ср/	5	4	УК-2-31	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1			
2.7	Проработка учебно-методического материала для подготовки к практическим занятиям /Ср/	5	4	УК-2-В1 ОПК-2-В1 ПК-4-В1 ПК-4-В3	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1			
	Раздел 3. Технические измерения							
3.1	Понятие о физической величине. Значение систем физических единиц /Лек/	5	2	УК-2-31 ОПК-2-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э16			
3.2	Физические величины и их единицы /Лек/	5	2	УК-2-31 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э16			
3.3	Классификация измерений /Пр/	5	1	УК-2-У1 ОПК-2-31 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э14			
3.4	Основные характеристики измерений /Лек/	5	2	ПК-4-У1 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э14			

3.5	Обработка и представление результатов измерения /Пр/	5	2	ОПК-2-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э8 Э14	Решение типовых задач		
3.6	Выбор средств измерений. Средства измерений и их характеристики /Пр/	5	2	УК-2-В1 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э7 Э11 Э12 Э14	Метрологическое обеспечение измерений. Обработка результатов прямых и косвенных измерений и расчет погрешностей		
3.7	Измерение теплового сопротивления полупроводниковой структуры /Лаб/	5	6	УК-2-В1 ОПК-2-У1 ПК-4-У2 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э3 Э8 Э11 Э12		КМ3	Р5
3.8	Измерение параметров постоянного тока для моделирования транзисторных структур /Лаб/	5	6	УК-2-В1 ПК-4-У2 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э3 Э8 Э11 Э12		КМ4	Р6
3.9	Проработка учебно-методического материала для подготовки к лабораторным работам /Ср/	5	4	УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-4-В3 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1			
3.10	Техническое регулирование и метрологическое обеспечение /Ср/	5	4	УК-2-31 ПК-4-В2 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э7 Э15			
3.11	Контрольная работа 1. Обработка результатов прямых измерений и расчет погрешностей /Пр/	5	2	УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э1 Э8 Э11 Э12			Р2
3.12	Алгоритм обработки результатов измерений /Ср/	5	4	УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-2-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-4-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э8 Э12			
3.13	Контрольная работа 2. Обработка результатов косвенных измерений и расчет погрешностей /Пр/	5	2	УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3. 1 Э1 Э9 Э11 Э12			Р3

3.14	Тест. Метрология, стандартизация и технические измерения основные понятия, термины и определения /Ср/	5	2	УК-2-31 УК-2-У1 ОПК-2-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9 Э10 Э11 Э12	Поводиться на базе платформы LMS Canvas Курс "Метрология , стандартизация и технические измерения"	КМ5	Р7
3.15	Проработка учебно-методического материала для подготовки к практическим занятиям /Ср/	5	5	УК-2-В1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л2.3 Л1.3 Л1.4 Э1 Э9 Э11 Э12	Подготовка к контрольным мероприятиям		

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Вопросы к экзамену для самоподготовки	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-В1;ПК-4-В2;ПК-4-В3	<p>Примерная формулировка вопросов на экзамен:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Научная база основ стандартизации. 2. Унификация основ стандартизации. 3. Закон 102-РФ (правовые основы) обеспечения единства измерений. 4. Государственный контроль, надзор и ответственность за соблюдением закона о государственных стандартов. 5. Основные понятия, классификация, классы точности (СИ). 6. Правовые основы, организационные и научно-методические положения метрологического обеспечения. 7. Набор оптимального числа продукции, процессов и услуг для определения их качественных и количественных свойств. 8. Определения погрешностей. методы выявления и способы снижения погрешностей. 9. Классификация погрешностей. 10. Методы выявления и способы снижения погрешностей. 11. Порядок обработки погрешностей измерений. 12. Основные положения Закона РФ о техническом регулировании. 13. Объекты материального мира: их качественные и количественные характеристики (свойства, величины). 14. Параметры погрешностей и применения в метрологии. 15. Оценка погрешностей, графическое построение и область применения в метрологии. 16. Условия качества испытаний в лаборатории. 17. Сравнительный анализ погрешности однократных измерений. 18. Стандартизация в области изделий электронной техники. 19. Отраслевые стандарты в области полупроводниковой промышленности. 20. Категории стандартов в области охраны окружающей среды. 21. Отраслевые стандарты в электронике. 22. Акты поверки средств измерений. 23. Основные положения эксплуатации, поверки и ремонта измерительной техники. 24. Цели и задачи метрологического обеспечения изделий. 25. Научные, технические и организационные основы метрологического обеспечения изделий. 26. Государственный метрологический контроль и надзор. 27. Метрологическая служба организаций: цели, задачи и структура служб. 28. Цели, задачи и объекты стандартизации. Уровни стандартизации. 29. Принципы, виды и методы стандартизации. 30. Национальная система стандартизации. 31. Технические регламенты и порядок их разработки. 32. Категории нормативных документов. Виды стандартов. Порядок разработки, согласования и утверждения проектов стандартов. 33. Обработка результатов прямых и косвенных измерений. 34. Цели, задачи и объекты метрологии. 35. Понятия и классификация измерений. 35. Характеристики измерений. 36. Понятие и классификация физических величин. Единицы, системы единиц и размерность физических величин. 37. Понятие погрешности и точности измерений. Классификация погрешностей измерений. 38. Систематические погрешности измерений и способы их уменьшения. 39. Понятие метрологии как науки об измерениях. История возникновения и развития метрологии. Объекты метрологии. 40. Правовые основы обеспечения единства измерений.
-----	---------------------------------------	--	--

КМ2	Лабораторная работа 1.	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;УК-2-У1;УК-2-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-В3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Назвать составляющие тока на прямой ветви ВАХ переходов. 2. Назвать составляющие тока обратной ветви ВАХ перехода. Как они зависят от напряжения и температуры? 3. Какие дефекты диодов можно выявить при анализе прямой ветви ВАХ? 4. Какие дефекты диодов можно выявить при анализе обратной ветви ВАХ? 5. Какие дефекты транзисторов можно выявить при анализе входных и выходных ВАХ? 6. Как определить пробивное напряжение перехода? 7. Как зависит пробивное напряжение кремниевого диода от температуры? 8. Что называется напряжением пробоя у диодов? 9. Что называется падением напряжения на базе биполярного транзистора? 10. Влияние материала на характеристики диодов
КМ3	Лабораторная работа 2.	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;УК-2-У1;УК-2-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-В3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое тепловое сопротивление полупроводникового прибора? 2. Как измерить температуру среды, корпуса прибора, кристалла с переходами? 3. Как зависит прямое напряжение на переходе от температуры? 4. С какой целью используется устройство выборки – хранения при измерении теплового сопротивления транзисторов? 5. Сравните полученные значения полных тепловых сопротивлений транзисторов для разных условий отвода тепла. Чем объясняется различие тепловых сопротивлений? 6. Что такое переходная тепловая характеристика полупроводникового прибора? 7. Что такое эквивалентная тепловая схема полупроводникового прибора? Как с ее помощью найти характер изменения температуры перехода при воздействии одиночного импульса мощности? 8. Чем обусловлена частотная зависимость температуры эмиттерного перехода транзистора? 9. Какие требования предъявляются к «высокой» и «низкой» частоте при измерении теплового сопротивления переход-корпус? 10. Зависят ли результаты измерения теплового сопротивления переход-корпус на переменном токе от условий отвода тепла? Почему?
КМ4	Лабораторная работа 3.	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;УК-2-У1;УК-2-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-В3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каковы области применения модели транзистора по Эберсу-Моллу? 2. Какие упрощения можно использовать в модели для описания работы транзистора исключительно в режиме отсечки и режиме активном? 3. Как надо дополнить модель реактивными элементами для использования ее при анализе работы транзисторов на переменном токе? 4. Дайте сравнительную характеристику параметров модели транзисторов различных конструктивно-технологических типов. 5. Каковы требования к измерителям тока и напряжения при экспериментальном определении параметров модели? 6. Каков принцип устройства характериографа для наблюдения ВАХ переходов? 7. Дайте определения прямого и инверсного коэффициентов передачи тока транзисторов. 8. Как формируются напряжения на переходах транзистора в режиме насыщения? 9. Какова зависимость значений параметров модели от температуры; от приложенных к переходам напряжений; от тока через переходы?

КМ5	Тест. Метрология, стандартизация и технические измерения основные понятия, термины и определения	ОПК-2-31;УК-2-31;УК-2-У1;ПК-4-31	<ol style="list-style-type: none"> 1. Научная база основ стандартизации. 2. Унификация основ стандартизации. 3. Закон 102-РФ (правовые основы) обеспечения единства измерений. 4. Государственный контроль, надзор и ответственность за соблюдением закона о государственных стандартов. 5. Основные понятия, классификация, классы точности (СИ). 6. Правовые основы, организационные и научно-методические положения метрологического обеспечения. 7. Набор оптимального числа продукции, процессов и услуг для определения их качественных и количественных свойств. 8. Определения погрешностей. методы выявления и способы снижения погрешностей. 9. Классификация погрешностей. 10. Методы выявления и способы снижения погрешностей. 11. Порядок обработки погрешностей измерений. 12. Основные положения Закона РФ о техническом регулировании. 13. Объекты материального мира: их качественные и количественные характеристики (свойства, величины). 14. Параметры погрешностей и применения в метрологии. 15. Оценка погрешностей, графическое построение и область применения в метрологии. 16. Условия качества испытаний в лаборатории. 17. Сравнительный анализ погрешности однократных измерений. 18. Сертификация средств измерений и услуг в метрологии. 19. Отраслевые стандарты в области полупроводниковой промышленности. 20. Категории стандартов в области охраны окружающей среды. 21. Сертификат соответствия. 22. Акты поверки средств измерений. 23. Основные положения эксплуатации, поверки и ремонта измерительной техники. 24. Цели и задачи метрологического обеспечения изделий. 25. Научные, технические и организационные основы метрологического обеспечения изделий.
-----	--	----------------------------------	--

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Домашняя работа. Классификация полупроводниковых приборов	УК-2-31;ПК-4-31;ПК-4-В1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классифицировать отечественный полупроводниковый прибор в соответствии с ГОСТом (ОСТом) 2. Подобрать зарубежный аналог в соответствии с маркировкой (JEDEC, Pro Electron, JIS-C-7012) 3. Указать условные обозначения и классификация зарубежного аналога
Р2	Контрольная работа 1. Обработка результатов прямых, многократных измерений и расчет погрешностей	ОПК-2-31;ОПК-2-В1;УК-2-У1;УК-2-В1;ПК-4-31;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> 1. В соответствии с инструкцией по эксплуатации через равные малые промежутки времени был измерен ток выходного сигнала транзистора и получен следующий ряд значений в мА: 30,25; 30,25; 30,25; 30,27; 30,26; 30,26; 30,26; 30,25; 30,26; 30,26; 30,27; 30,27; 30,27; 30,27; 30,25; 30,28; 30,29; 30,28; 30,28; 30,28; 30,29; 30,29; 30,29; 30,28; 30,31; 30,29; 30,28; 30,29; 30,29; 30,29; 30,29. Сделать обработку результатов. 2. Имеется стрелочный амперметр класса точности $Y=2,5$ с конечной отметкой 150 А. Оценить точность измерения этим прибором тока $I=105$ А.
Р3	Контрольная работа 2. Обработка результатов косвенных, однократных измерений и расчет погрешностей	ОПК-2-31;ОПК-2-В1;УК-2-У1;УК-2-В1;ПК-1-31;ПК-4-31;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Имеется стрелочный амперметр класса точности $Y=2,5$ с конечной отметкой 150 А. оценить точности измерения этим прибором тока $I=105$ А. Найти среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонение для величин $X_1=12$ Ом, $X_2=15$ Ом, $X_3=22$ Ом, $X_4=10$ Ом, $X_5=20$ Ом, $X_6=10$ Ом первым способом. 2. В цепь током 23 А включены три амперметра со следующими параметрами: класса точности 1,5 со шкалой на 30 А; класса точности 0,5 на 50 А и класса точности 2,5 на 60А. Определить какой из амперметров обеспечит большую точность измерения тока в цепи.

P4	Лабораторная работа 1.	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-В3	Измерение вольт-амперных характеристик для диагностики качества приборов наноэлектроники
P5	Лабораторная работа 2.	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-В3	Измерение теплового сопротивления полупроводниковой структур.
P6	Лабораторная работа 3.	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-4-У1;ПК-4-31;ПК-4-У2;ПК-4-В3	Измерение параметров постоянного тока для моделирования транзисторных структур
P7	Тест	ОПК-2-31;УК-2-31;УК-2-У1;ПК-1-31;ПК-4-31	Метрология, стандартизация и технические измерения основные понятия, термины и определения

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзамен.

Экзаменационный билет состоит из трех заданий (два теоретических вопроса и задача). Билеты хранятся на кафедре. Задачи в билетах являются типовыми и подобные задачи обучающийся решает по ходу выполнения текущих работ дисциплины.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

По дисциплине предполагается следующая шкала оценок:

- 1) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;
- 2) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;
- 3) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;
- 4) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы;
- 5) «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Глухов Д. А.	Технические измерения и приборы: учебное пособие	Электронная библиотека	Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2009
Л1.2	Дерюшева Т. В.	Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011
Л1.3	Сигов А. С., Нефедов В. И., Сигов А. С.	Метрология, стандартизация и технические измерения: учебник для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 2008
Л1.4	Гартаковский Д. Ф., Ястребов А. С.	Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учебник для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 2002

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Петрушевский Ф. И.	Общая метрология: монография	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: Типография Эдуарда Праца и К°, 1849
Л2.2	Ржевская С. В.	Метрология, стандартизация и сертификация: практикум	Электронная библиотека	Москва: Горная книга, 2009
Л2.3	Пудовкин А. П., Панасюк Ю. Н.	Метрология и радиоизмерения: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2011
Л2.4	Коминов С. В.	Метрология. Технические измерения и приборы: практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2009
Л2.5	Беленький А. М., Бердышев В. Ф., Герасименко С. А., др.	Метрология, стандартизация и технические измерения: Лаб. практикум для студ спец. 110300, 110500, 110700 и 330200	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Фортунова Н. А., Ярлыкова Н. А.	Метрология, стандартизация и сертификация: методические рекомендации: методическое пособие	Электронная библиотека	Елец: Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2010

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	РМГ 29-2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации	http://docs.cntd.ru/document/1200115154
Э2	Стандартизация в РФ, правила и нормативно - правовая система	https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/standardization
Э3	ГОСТ 7.32-2017 Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления	http://docs.cntd.ru/document/1200157208
Э4	ГОСТ Р 55893-2013 Микросхемы интегральные. Основные параметры	http://docs.cntd.ru/document/1200107798/
Э5	ГОСТ Р 8.885-2015 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны. Основные положения	http://docs.cntd.ru/document/1200121816
Э6	ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН Об обеспечении единства измерений	http://docs.cntd.ru/document/902107146
Э7	ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Нормируемые метрологические характеристики средств измерений	http://docs.cntd.ru/document/1200004505
Э8	ГОСТ 8.010-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики выполнения измерений. Основные положения	http://docs.cntd.ru/document/1200108158
Э9	Курс "Метрология, стандартизация и технические измерения" на платформе LMS Canvas	https://lms.misis.ru
Э10	ГОСТ 8.381-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны. Способы выражения точности	http://docs.cntd.ru/document/1200083076
Э11	ГОСТ 8.401-80 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Классы точности средств измерений. Общие требования	http://docs.cntd.ru/document/1200004515
Э12	РМГ 83-2007 Государственная система обеспечения единства измерений. Шкалы измерений. Термины и определения	http://docs.cntd.ru/document/1200063408
Э13	ГОСТ 8.061-80 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Поверочные схемы. Содержание и построение	http://docs.cntd.ru/document/1200004558

Э14	ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 "Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения"; Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений"; Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений"; Часть 4. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений"; Часть 5. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного метода измерений"; Часть 6. Использование значений точности на практике.	http://docs.cntd.ru/document/1200029975
Э15	ГОСТ Р 8.820-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения	http://docs.cntd.ru/document/1200107589
Э16	ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Единицы величин	http://docs.cntd.ru/document/1200031406
Э17	ГОСТ Р 1.12-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения	http://docs.cntd.ru/document/1200038793/
Э18	РМГ 93-2015 Государственная система обеспечения единства измерений. Оценка метрологических характеристик стандартных образцов	http://docs.cntd.ru/document/1200138923

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MATCAD
П.2	Garant.ru
П.3	Консультант Плюс
П.4	MATLAB
П.5	LMS Canvas

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Справочно-правовая система по ГОСТ, СНиП и т.п.
И.2	http://www.garant.ru
И.3	https://standartgost.ru
И.4	http://www.consultant.ru
И.5	https://www.gost.ru
И.6	Научные журналы и статьи
И.7	http://elibrary.ru/
И.8	https://link.springer.com/
И.9	Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И.10	Scopus https://www.scopus.com/
И.11	Elsevier https://www.sciencedirect.com/
И.12	Курс "Метрология, стандартизация и технические измерения" на платформе LMS Canvas
И.13	https://lms.misis.ru
И.14	Электронная библиотека МИСиС
И.15	http://elibrary.misis.ru/
И.16	Электронная библиотека издательство "Лань"
И.17	https://e.lanbook.co
И.18	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
И.19	https://window.edu.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
------	------------	-----------

К-504	Лаборатория	характериограф TR-4805; вольтметр В7-138; компьютеры с ПО для проведения лабораторных работ (4 шт.); междисциплинарная лабораторная платформа с комплектом ПО NI ELVIS II+; плата "Аналоговая электроника"(4 шт.); ПК; комплект учебной мебели
К-510	Учебная аудитория	комплект лабораторного оборудования по ФТТ (АПК ТАУМЕР, установка "ВИК УЭС", компьютер с ПО); электромагнит ФЛ-1; установка для измерения Эффекта Холла, ноутбук с ПО, установка измерения сопротивления полупроводника в магнитном поле (электромагнит, прибор универсальный, источник питания универсальный, источник тока ЭЗ78, вольтметр В7-21А); установка определения удельного сопротивления двухзондовым методом (вольтметр В7-21А, источник питания Б5-50, стенд для измерения УЭС 2-зондовым методом с освещением и эталонным сопротивлением); установка изучения поглощения света в полупроводниках (монохроматор УМ-2, фотоприемник, вольтметр В7-16А, пульт питания с лампой ЭПС-112); установка измерения собственной и примесной проводимости полупроводниковых материалов (монохроматор МДР-3, вольтметр В7-138, источник питания с лампой ВК7-7); установка измерения температурной зависимости электропроводности (компьютер с лицензионным ПО, нагреватель, приставка для измерения ширины запрещенной зоны, источник питания Б5-30)
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Расчетно-графические работы выполняются с помощью пакета прикладных программ.

Выполнение лабораторных работ связано с использованием электроизмерительных приборов и стендов, являющихся источниками повышенной опасности, так как некоторые элементы их находятся под высоким напряжением. Поэтому к лабораторным работам студенты допускаются только после инструктажа по технике безопасности. Выполнение работ в отсутствие преподавателя запрещается.

Практические и лабораторные занятия проводятся с использованием наглядных пособий, образцов, установок с соответствующим программным обеспечением. Электронные презентации и (или) опорные конспекты теоретических основ дисциплины заранее передаются обучающимся для предварительного ознакомления. Перед проведением практических и лабораторных занятий обучающимся рекомендуется самостоятельно просмотреть теоретический материал по тематике предстоящего занятия. Лабораторные работы проводятся в два этапа: проверка готовности студентов к выполнению работы и проведение всех запланированных экспериментов, защита лабораторных работ.

Образовательная деятельность по дисциплине реализуется с помощью электронной информационно-образовательной среды НИТУ «МИСиС» Canvas, представленной на сайте <https://lms.misis.ru/>. В учебном процессе используются программные базы вуза и автоматизированные средства взаимодействия преподавателя и обучающегося. Электронный контент в Canvas содержит все календарные события курса, навигационные ссылки, тесты, задания, методические рекомендации и электронные материалы.