

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра микро- и нанoeлектроники

УТВЕРЖДАЮ

директор института технологий и
инженерной механики


Могильная Е.П.
«18» 09 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И СТРУКТУР»

По направлению подготовки: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Магистерская программа «Электронные микроволновые и квантовые
приборы и устройства»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Методы исследования материалов и структур» по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника. – 27 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Методы исследования материалов и структур» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.09.2017 года № 959.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Войтенко В.А.;

к.т.н., доцент Войтенко Г.О.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники «14» 04 2023 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой

микро- и нанoeлектроники  Войтенко В. А.

Переутверждена: «__» __ 202__ г., протокол № _____.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики «18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической

комиссии института технологий и инженерной механики  С. Н. Ясуник

© Войтенко В.А., Войтенко Г.О., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – формирование знаний, умений, навыков в области экспериментальных методов исследования состава, структуры, электрофизических и оптических свойств материалов и компонентов твердотельной электроники.

Задачи: ознакомление студентов с физическими принципами наиболее распространенных экспериментальных методов исследования материалов и структур, используемых в электронике и твердотельных компонентах электронной техники, условиями реализации и границами применения современных методов исследования материалов и структур электроники; изучение основных принципов работы современных измерительных комплексов для исследования электрофизических свойств материалов для электроники, микро- и наноэлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к условиям освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Методы исследования материалов и структур» относится к циклу профессиональных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания физики и математики, основ измерительной техники, измерительных преобразователей, основ теории сигналов и цепей, квантовой и оптической электроники; умения использования персонального компьютера на уровне пользователя, работы в средах MatLab и MultiSim; навыки работы с измерительными приборами (мультиметр, осциллограф), генераторами гармонических и периодических сигналов.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин «Нелинейные процессы микроволновой, квантовой и оптоэлектроники», «Лазеры в микро- и наноэлектронике» и служит основой для выполнения научно-исследовательской работы студентов и магистерской диссертации.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью	ПК-1.1. Знает принципы построения и функционирования изделий микро- и наноэлектроники, физические процессы, протекающие в микроволновых и квантовых приборах и устройствах.	Знать: принципы построения и функционирования изделий электроники, физические процессы, протекающие в материалах и микроволновых и квантовых приборах и устройствах; перечень подлежащих измерению

<p>обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач</p>	<p>ПК-1.2. Умеет рассчитывать предельно допустимые и предельные режимы работы изделий микро- и наноэлектроники.</p> <p>ПК-1.3. Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и наноэлектроники.</p>	<p>параметров и характеристик основных материалов и структур электроники; структуру предварительного технико-экономического обоснования на приобретение измерительного оборудования; базовые средства измерений, применяющиеся в производстве изделий электронной техники;</p> <p>Уметь: читать нормативную и техническую документацию; подбирать методики измерений параметров и характеристик электронных устройств; рассчитывать предельно допустимые и предельные режимы работы электронных приборов на основе разных материалов, определять набор оборудования для проведения данного исследования; выбирать метод измерения основных параметров и характеристик материалов и изделий электронной техники;</p> <p>Владеть: навыками работы с нормативной и технической документацией, навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования; навыками выбора измерительного оборудования для исследования материалов и структур электроники; навыками составления предварительного технико-экономического обоснования на приобретение измерительного оборудования; навыками составления заявок на приобретение измерительного оборудования.</p>
--	---	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	180 (5 зач. ед)	-
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	60	-
Лекции	28	-
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	28	-
Лабораторные работы	14	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	110	-
Форма аттестации	экзамен	-

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Исследование материалов и структур как измерение.

Исследование материалов и структур как измерение. Виды измерений. Погрешности измерений. Классификация входных и выходных воздействий. Функция преобразования, влияние погрешностей. Основные эффекты и явления, используемые в измерительной технике. Основные задачи, решаемые при исследовании материалов и структур электроники.

Тема 2. Классификация материалов и структур электроники и методов их исследования.

Виды материалов и структур электроники. Параметры и характеристики основных материалов и структур электроники, подлежащих исследованиям, измерениям и контролю. Понятие о методе и методике измерений и исследований. Классификация методов диагностики материалов и структур электроники.

Тема 3. Оптические методы контроля параметров полупроводников.

Оптическая микроскопия. Методы освещения и наблюдения в микроскопии. Виды микроскопов. Оптическая спектроскопия. Понятие о спектрах. Элементы спектральных приборов. Характеристики современных приборов оптической спектроскопии. Применение оптического спектрального анализа в производстве изделий электроники.

Тема 4. Основные методы определения состава твёрдых тел, эпитаксиальных плёнок и плёночных покрытий.

Рентгеноспектральный анализ. Применение рентгеноспектрального анализа в производстве изделий электроники. Определение состава твёрдых тел и концентрационных профилей по основным и примесным компонентам методами электронной и ионной спектроскопии. Масс-спектроскопический метод анализа.

Тема 5. Основные методы определения структуры твёрдых тел, эпитаксиальных плёнок и плёночных покрытий.

Основные типы монокристаллических структур, используемых в производстве изделий микроэлектроники. Дифракционные методы анализа кристаллической структуры. Рентгеноструктурный анализ. Применение электронной и растровой электронной микроскопии для изучения структурного совершенства полупроводников и эпитаксиальных плёнок

Тема 6. Исследование морфологии поверхности и геометрических размеров в структурах микроэлектроники.

Интерференция. Физические основы интерференции. Интерферометры, типовые схемы. Интерферометр Майкельсона. Микроинтерферометр Линника. Применение интерферометрических методов исследования материалов и структур электроники. Прецизионная профилометрия поверхности.

Тема 7. Основные методы измерения электрофизических параметров полупроводников.

Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур. Двухзондовый метод измерения. Четырёхзондовый метод измерения. Метод Ван-дер-Пау. Бесконтактные методы измерения. Установки для измерения удельного сопротивления. Определение ширины запрещенной зоны полупроводника. Измерение подвижности носителей заряда в полупроводниках.

Тема 8. Эксплуатация и сервисное обслуживание аналитико-диагностических комплексов.

Проверка, калибровка и сертификация измерительной и диагностической аппаратуры. Оценка надежности и долговечности аналитико-диагностической аппаратуры в условиях эксплуатации. Определение технического состояния и остаточного ресурса измерительной техники, контроль правильной эксплуатации. Планирование технического обслуживания и ремонта. Заявка на закупку измерительного оборудования.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма

1	Исследование материалов и структур как измерение. Виды измерений. Погрешности измерений. Классификация входных и выходных воздействий. Функция преобразования, влияние погрешностей. Основные эффекты и явления, используемые в измерительной технике. Основные задачи, решаемые при исследовании материалов и структур электроники.	2	-
2	Виды материалов и структур электроники. Параметры и характеристики основных материалов и структур электроники, подлежащих исследованиям, измерениям и контролю. Понятие о методе и методике измерений и исследований. Классификация методов диагностики материалов и структур электроники	2	-
3	Оптическая микроскопия. Методы освещения и наблюдения в микроскопии. Виды микроскопов. Оптическая спектроскопия. Понятие о спектрах. Элементы спектральных приборов. Характеристики современных приборов оптической спектроскопии. Применение оптического спектрального анализа в исследовании материалов и структур электроники.	2	-
4	Рентгеноспектральный анализ. Применение рентгеноспектрального анализа в производстве изделий электроники. Определение состава твёрдых тел и концентрационных профилей по основным и примесным компонентам методами электронной и ионной спектроскопии.	2	-
5	Масс-спектроскопический метод анализа.	2	-
6	Основные типы монокристаллических структур, используемых в производстве изделий микроэлектроники. Дифракционные методы анализа кристаллической структуры. Рентгеноструктурный анализ.	2	-
7	Применение электронной и растровой электронной микроскопии для изучения структурного совершенства полупроводников и эпитаксиальных плёнок	2	-
8	Интерференция. Физические основы интерференции. Интерферометры, типовые схемы. Интерферометр Майкельсона.	2	-
9	Микроинтерферометр Линника. Применение интерферометрических методов исследования материалов и структур электроники. Прецизионная профилометрия поверхности.	2	-
10	Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур. Двухзондовый метод измерения. Четырёхзондовый метод измерения. Метод Ван-дер-Пау. Бесконтактные методы измерения. Установки для измерения удельного сопротивления.	2	-
11	Проверка, калибровка и сертификация измерительной и диагностической аппаратуры. Оценка надежности и долговечности аналитико-диагностической аппаратуры в условиях эксплуатации. Определение технического состояния и остаточного ресурса измерительной техники, контроль правильной эксплуатации.	4	-

12	Планирование технического обслуживания и ремонта. Техничко-экономическое обоснование на закупку измерительного оборудования.	4	-
Итого:		28	-

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Расчёт параметров кристаллической решётки и определение состава материала	2	-
2	Изучение и анализ технической документации на цифровой микроскоп VHX-1000	2	-
3	Изучение технической документации на растровый электронный микроскоп JEOL JSM- 6610	2	-
4	Диагностика брака после операции металлизации с помощью растрового электронного микроскопа	2	-
5	Расчет коэффициента запыления ступеньки окисла	2	-
6	Методы и методики измерений карбидокремниевых структур	2	-
7	Определение толщины тонких диэлектрических пленок цветовым методом и по интерференционной картине	2	-
8	Расчет сопротивления структуры по результатам четырех - зондовых измерений	2	-
9	Расчет сопротивления структуры по результатам двух - зондовых измерений	2	-
10	Изучение метода Ван-дер-Пау	2	-
11	Составление графика поверки и калибровки аппаратуры.	4	-
12	Составление заявки на приобретение новой измерительно-диагностической аппаратуры	4	-
Итого:		28	-

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Оценка погрешности измерений параметры и характеристики основных материалов и структур электроники	2	-
2	Измерение основных параметров и характеристик основных материалов и структур электроники, подлежащих исследованиям, измерениям и контролю.	2	-
3	Измерение параметров и характеристик материалов и структур электроники при помощи оптического микроскопа	2	-
4	Определение состава твёрдых тел и концентрационных профилей по основным и примесным компонентам методами электронной и ионной спектроскопии.	2	-
5	Измерение удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур при помощи двухзондового метода. измерения.	2	-

6	Измерение удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур при помощи четырехзондового метода.	4	-
Итого:		14	-

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Исследование материалов и структур как измерение. Виды измерений. Погрешности измерений. Классификация входных и выходных воздействий. Функция преобразования, влияние погрешностей. Основные эффекты и явления, используемые в измерительной технике. Основные задачи, решаемые при исследовании материалов и структур электроники.	Подготовка к практическим занятиям	14	-
		Подготовка к тестированию	4	-
2	Виды материалов и структур электроники. Параметры и характеристики основных материалов и структур электроники, подлежащих исследованиям, измерениям и контролю. Понятие о методе и методике измерений и исследований. Классификация методов диагностики материалов и структур электроники. Оптическая микроскопия. Методы освещения и наблюдения в микроскопии. Виды микроскопов.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	18	-
3	Оптическая спектроскопия. Понятие о спектрах. Элементы спектральных приборов. Характеристики современных приборов оптической спектроскопии. Применение оптического спектрального анализа в исследовании материалов и структур электроники.	Подготовка к практическим занятиям	14	-
		Подготовка к тестированию	10	-
4	Рентгеноспектральный анализ. Применение рентгеноспектрального анализа в производстве изделий электроники. Определение состава твёрдых тел и концентрационных профилей по основным и	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	8	-

	примесным компонентам методами электронной и ионной спектроскопии.			
5	Масс-спектроскопический метод анализа.	Подготовка к практическим занятиям	4	-
		Подготовка к тестированию	4	-
6	Основные типы монокристаллических структур, используемых в производстве изделий микроэлектроники. Дифракционные методы анализа кристаллической структуры. Рентгеноструктурный анализ.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	8	-
7	Применение электронной и растровой электронной микроскопии для изучения структурного совершенства полупроводников и эпитаксиальных плёнок	Подготовка к практическим занятиям	4	-
		Подготовка к тестированию	4	-
8	Экзамен по дисциплине	Подготовка к семестровому экзамену	28	-
Итого:			110	-

4.7. Курсовые работы/проекты

Не предусмотрены учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- контрольные вопросы к практическим занятиям;
- вопросы к лабораторным работам;
- тесты;
- вопросы к экзамену.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, вопросы коллоквиумов, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы). Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Экзамены
Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	отлично (5)

Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	хорошо (4)
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	удовлетворительно (3)
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	неудовлетворительно (2)

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Бялик А.Д., Материалы электронной техники. Полупроводники. Проводниковые материалы. Магнитные материалы : учебное пособие / Бялик А.Д. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. - 99 с. - ISBN 978-5-7782-3222-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778232228.html>

2. Галимов Э.Р., Материалы приборостроения / Э. Р. Галимов, А. С. Маминов, А. Г. Аблясова и др. Под общ. ред. Э. Р. Галимова, А. С. Маминова. - М. : КолосС, 2010. - 284 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) - ISBN 978-5-9532-0743-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953207430.html>

б) Дополнительная литература:

1. Полисан А.А., Материалы и элементы электронной техники. Тонкопленочные многослойные структуры и солнечные элементы на основе гидрогенизированного аморфного и нанокристаллического кремния : Учеб. пособие / Полисан А.А. - М. : МИСиС, 2007. - 17 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : http://www.studentlibrary.ru/book/Misis_393.html (дата обращения: 25.01.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Бялик А.Д., Материалы электронной техники. Диэлектрики : учебное пособие / Бялик А.Д. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. - 42 с. - ISBN 978-5-7782-3153-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778231535.html> (дата обращения: 25.01.2020). - Режим доступа : по подписке.

3. Юзова В.А., Материалы и компоненты электронных средств / В.А. Юзова, О.В. Семенова, П.А. Харлашин - Красноярск : СФУ, 2012. - 140 с. - ISBN

978-5-7638-2496-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт].
- URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763824964.html> (дата обращения: 25.01.2020). - Режим доступа : по подписке.

4. Новиков И.Л., Материаловедение. Конструкционные и электротехнические материалы. Материалы и элементы электронной техники . Практикум к лабораторным работам : учеб.-метод. пособие / Новиков И.Л. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010. - 56 с. - ISBN 978-5-7782-1479-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778214798.html> (дата обращения: 25.01.2020). - Режим доступа : по подписке.

в) Методические рекомендации/указания

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Методы исследования материалов и структур» (для студентов, обучающихся по направлению 11.04.04 “Электроника и наноэлектроника”, магистерская программа “Электронные микроволновые и квантовые приборы и устройства”) / Сост.: Войтенко В.А. – Луганск: Изд-во ГОУВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля», 2017. – 21 с.

2. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Методы исследования материалов и структур» (для студентов, обучающихся по направлению 11.04.04 “Электроника и наноэлектроника”, магистерская программа “Электронные микроволновые и квантовые приборы и устройства”) / Сост.: Войтенко В.А., Комаров Н.В. – Луганск: Изд-во ГОУВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля», 2017. – 27 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

Научные журналы

"GNU Scientific Library" (GSL - библиотека для научных вычислений проекта GNU): <http://www.gnu.org/software/gsl>.

Система схемотехнического моделирования LTSpice IV. Краткое руководство: <http://zpostbox.ru/ltspice.html>.

Электронные компоненты: <http://www.elitan.ru/>.

Навигатор по профессиональным электронным ресурсам – http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav_ei.htm

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы проводятся с использованием компьютеризированных лабораторных стендов, пакета специализированных компьютерных программ, компьютерной математической среды MatLab и компьютерной среды для моделирования MultiSim.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанных специализированных компьютерных программах и средах.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP

Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Методы исследования материалов и структур»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-1	Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Тема 1 Исследование материалов и структур как измерение	1
				Тема 2 Классификация материалов и структур электроники и методов их исследования	1
				Тема 3 Оптические методы контроля параметров полупроводников	1

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-1	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Знать: принципы построения и функционирования изделий электроники, физические процессы, протекающие в материалах и микроволновых и квантовых приборах и устройствах; перечень подлежащих измерению параметров и характеристик основных материалов и структур электроники; структуру предварительного технико-экономического обоснования на приобретение измерительного оборудования; базовые средства измерений, применяющиеся в производстве изделий электронной техники; Уметь: читать нормативную и техническую документацию; подбирать методики измерений параметров и характеристик электронных устройств;	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Практическое занятие 1, Лабораторная работа 1	Контрольные вопросы к практическим занятиям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к экзамену

			<p> рассчитывать предельно допустимые и предельные режимы работы электронных приборов на основе разных материалов, определять набор оборудования для проведения данного исследования; выбирать метод измерения основных параметров и характеристик материалов и изделий электронной техники; Владеть: навыками работы с нормативной и технической документацией, навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования; навыками выбора измерительного оборудования для исследования материалов и структур электроники; навыками составления предварительного технико-экономического обоснования на приобретение измерительного оборудования; навыками составления заявок на приобретение измерительного оборудования. </p>		
--	--	--	--	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Методы исследования материалов и структур»

Контрольные вопросы к практическим занятиям:

1. Материалы для электроники, микро- и наноэлектроники. Металлы, полупроводники, диэлектрики.
2. Критерии, предъявляемые к материалам для устройств электроники и наноэлектроники. Дефекты в металлах, полупроводниках и диэлектриках.
3. Основные цели и задачи диагностики состава и структуры материалов электроники, микро- и наноэлектроники.
4. Источники погрешностей при измерении удельного сопротивления полупроводников. 5. Двухзондовый метод.
6. Четырехзондовый метод. Теория четырехзондового метода.
7. Методы измерения ЭДС-Холла. Теоретические основы эффекта Холла.
8. Экспериментальные методы определения эффекта Холла.
9. Метод Ван дер Пау.
10. Измерение коэффициента термоЭДС.
11. Измерение теплопроводности полупроводников.
12. Измерение МДП - структур методом высокочастотных вольтфарадных характеристик.
13. Методы наблюдения магнитной доменной структуры ферромагнетиков. Метод порошковых фигур. Магнитооптические методы. Электронно-оптический метод.
14. Исследование быстропротекающих процессов перемагничивания.
15. Определение основных магнитных параметров ферромагнетиков из кривых циклического перемагничивания
16. Исследование магнитоупругих характеристик ферромагнетика.
17. Измерение параметров ферромагнитных образцов гальваномагнитным методом.
18. Изучение динамики движения доменных границ методом Сикстуса - Тонкса.
19. Измерение магнитоимпедансных свойств материалов электроники.
20. Физические принципы работы электронной микроскопии. Взаимодействие электронного пучка с веществом. Неупругое рассеяние.
21. Просвечивающая электронная микроскопия. Экспериментальное оборудование.
22. Оптическая схема и принцип действия ПЭМ. Электронная оптика. Предельное разрешение электронного микроскопа и дефекты электронных линз.
23. Формирование изображения ПЭМ.
24. Сканирующая электронная микроскопия. Физические принципы работы СЭМ.
25. Оптическая система СЭМ. Астигматизм, хроматическая и сферическая аберрации.

26. Формирование изображения СЭМ.
27. Атомно-силовая и туннельная микроскопия. Принцип работы атомно-силового микроскопа.
28. Техника измерений атомно-силовой микроскопии.
29. Техника измерений туннельной микроскопии.
30. Методики атомно-силовой микроскопии и туннельной микроскопии.
31. Особенности обслуживания аппаратуры для измерений электрофизических свойств материалов и структур электроники.
32. Обслуживание аппаратуры для измерения магнитных параметров материалов электроники.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к практическим занятиям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать)

Вопросы к лабораторным работам:

1. Применение электронной и растровой электронной микроскопии для изучения структурного совершенства структур электроники.
2. Физические основы интерферометрии.
3. Условие максимума и минимума интерференции.
4. Двухлучевая интерферометрия.
5. Микроинтерферометр МИИ-4.
6. Принцип действия.
7. Типовые интерферометры, схемы (интерферометры Майкельсона и Линника).
8. Методика определения толщины структур. Интерферометрия фазового контраста.
9. Определение толщины эпитаксиальных пленок кремния методом интерференционной спектроскопии.
10. Зависимость коэффициента преломления кремния от содержания примеси.
11. Профилометрия поверхности, физические принципы.
12. Применение интерферометрии и профилометрии в исследовании материалов и структур электроники.
13. Физические принципы эллипсометрии.

- 14.Схема лазерного эллипсометра.
15. Применение в исследовании материалов и структур электроники.
- 16.Методы определения типа проводимости и концентрации носителей полупроводника методом ЭДС Холла.
- 17.Понятие удельного и удельного поверхностного сопротивления материала.
- 18.Двухзондовый и четырёхзондовый методы определения удельного сопротивления.
- 19.Метод Ван дер Пау.
- 20.Методы измерения ширины запрещенной зоны полупроводника.
- 21.Измерение подвижности носителей заряда в полупроводниках.
- 22.Поверка, калибровка и сертификация измерительной и диагностической аппаратуры.
- 23.Оценка надежности и долговечности аналитико-диагностической аппаратуры в условиях эксплуатации.
- 24.Определение технического состояния и остаточного ресурса измерительной техники, контроль правильной эксплуатации.
- 25.Планирование технического обслуживания и ремонта.
- 26.Техникоэкономическое обоснование на закупку измерительного оборудования.
- 27.Регенерация резонатора при усилении.
- 28.Прходной резонаторный усилитель.
- 29.Отражательный усилитель.
- 30.Условия для самовозбуждения.
- 31.Условия резонанса.
- 32.Открытые резонаторы.
- 33.Падение добротности и сгущение резонансов замкнутых объемов.
- 34.Открытые резонаторы, прореживание спектра.
- 35.Время жизни моды пассивного резонатора.
- 36.Дифракционные потери.
- 37.Метод Фокса и Ли.
- 38.Интегральное уравнение открытого резонатора.
- 39.Конфокальный резонатор.
- 40.Гауссовы пучки.
- 41.Расходимость излучения.
- 42.Радиус кривизны волнового фронта.
- 43.Устойчивость линзовых световодов.
- 44.Световоды с одинаковыми линзами.
- 45.Световод с чередующимися линзами с различными фокусными расстояниями.
- 46.Неустойчивые резонаторы.
- 47.Потери на излучение.
- 48.Симметричный резонатор.
- 49.Телескопический резонатор.
- 50.Эквивалентное число Френеля.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к лабораторным работам

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
4	Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов)

Тесты:

1. Волноводная мода распространяется в канале оптического волновода:
 - а) под углом;
 - б) прямо;
 - в) зигзагообразно.
2. Излучательные воздушные моды:
 - а) медленно затухают;
 - б) быстро затухают;
 - в) используются для передачи сигнала.
3. Различают элементы связи:
 - а) параллельные и последовательные;
 - б) внешние и внутренние;
 - в) продольные и поперечные.
4. Преобразование энергии светового пучка в волноводе в энергию поверхностной волны происходит путем:
 - а) рассеяния электромагнитного пучка в волноводе;
 - б) отражения электромагнитного пучка от стенок волновода;
 - в) согласования электромагнитного пучка с полем поверхностной волны.
5. В призмном элементе угол падения света выбирается таким, чтобы он удовлетворял условию:
 - а) согласования фаз;
 - б) полного отражения;
 - в) интерференции световых пучков.

6. При малой высоте воздушного промежутка в призмном элементе наблюдается эффект:

- а) туннелирования;
- б) наложения;
- в) согласования.

7. Апертурой пучка падающего излучения называют его:

- а) длину;
- б) ширину;
- в) длительность.

8. Недостаток призмных элементов связи:

- а) требуется высокий показатель преломления материала призмы;
- б) требуется большая ширина воздушного зазора;
- в) требуется высокий показатель преломления материала волновода.

9. Решетчатый элемент связи:

- а) не имеет воздушного зазора;
- б) не обладает периодической структурой;
- в) не обеспечивает согласования фаз.

10. Основной недостаток решетчатого элемента связи:

- а) высокий коэффициент отражения;
- б) сильное поглощение подложкой;
- в) потеря энергии волны в воздушном зазоре.

11. Для выполнения пассивных функций выбирают материал полужки волновода:

- а) арсенид галлия;
- б) титанат лития;
- в) стекло.

12. Для выполнения активных функций выбирают материал полужки волновода:

- а) арсенид галлия;
- б) титанат лития;
- в) стекло.

13. Оптическими свойствами волноводных структур обычно управляют с помощью:

- а) внешних электромагнитных полей;
- б) внешних тепловых полей;
- в) внешних механических воздействий.

14. Волноводные каналы в активных диэлектриках формируются с помощью процесса:

- а) эпитаксии;
- б) диффузии;
- в) ионной имплантации.

15. Числовой апертурой оптоволокна называют:

- а) косинус критического угла;
- б) синус критического угла;
- в) тангенс критического угла.

16. Распространенный материал для оптических световодов:

- а) кварцевое стекло;
- б) ниобат лития;
- в) титанат бария.

17. При помощи операции модуляции осуществляется:

- а) ввод информации в световую волну;
- б) изменяется пространственное положение когерентной световой волны;
- в) непрерывное или дискретное движение луча.

18. Действие амплитудных модуляторов основано на эффектах, связанных с:

- а) изменением фазы;
- б) отражением;
- в) поглощением.

19. Фазовые модуляторы используют зависимость показателя преломления от величины:

- а) внешнего электрического поля;
- б) внешнего магнитного поля;
- в) фазы падающей волны.

20. Частотные модуляторы используют явление:

- а) сдвига частоты;
- б) сдвига длины волны;
- в) сдвига фазы.

21. Магнитооптические модуляторы основаны на эффекте:

- а) изменения плоскости поляризации света;
- б) сдвига плоскости поляризации света;
- в) вращения плоскости поляризации света.

22. Модулятор – это устройство, которое:

- а) несет информационный сигнал;
- б) управляет параметрами светового потока;

в) изменяет детектируемые свойства световой волны.

23. Модулятор интенсивности изменяет интенсивность:

- а) плоской световой волны;
- б) поперечной световой волны;
- в) когерентной световой волны.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Исследование материалов и структур как измерение.
2. Виды измерений. Погрешности измерений.
3. Классификация входных и выходных воздействий.
4. Функция преобразования, влияние погрешностей.
5. Основные эффекты и явления, используемые в измерительной технике.
6. Виды материалов и структур электроники.
7. Параметры и характеристики основных материалов и структур электроники, подлежащих исследованию, измерениям и контролю.
8. Понятие о методе и методике измерений и исследований.
9. Классификация методов диагностики материалов и структур электроники
10. Устройство оптического микроскопа.
11. Методы освещения и наблюдения в оптической микроскопии.
12. Виды оптических микроскопов, их возможности.
13. Виды спектров. Спектральный анализ. Определение атомной и молекулярной спектроскопии.
14. Дисперсионные спектральные приборы. Принцип действия. Структурная схема. Диспергирующие элементы (призмы, дифракционные решетки).
15. Дифракционные решетки. Устройство и принцип действия. Основная формула. Амплитудные и фазовые решетки (эшелетты). Устройство и принцип действия.
16. Схема оптического спектрометра. Основные узлы спектрометра.
17. Применение оптической микроскопии и спектроскопии в исследовании материалов и структур электроники.
18. Рентгеновское излучение. Устройство рентгеновской трубки. Тормозное и характеристическое излучение. Закон Мозли.
19. Рентгеноспектральный и рентгенофлуоресцентный анализ.

20. Применение рентгеноспектрального анализа в исследовании материалов и структур электроники.
21. Взаимодействие электронного пучка с веществом. Области генерации различных явлений.
22. Электронно-зондовые методы анализа. Топологический и морфологический контрасты изображения поверхности.
23. Схема и принцип работы растрового электронного микроскопа. Особенности изображений в РЭМ по сравнению с оптической микроскопией.
24. Применение электронно- и ионно-зондовых в исследовании материалов и структур электроники.
25. Сущность метода масс-спектропии. Блок-схема и принцип работы масс-спектрометра. Магнитные, времяпролётные, квадрупольные масс-анализаторы.
26. Вторичная ионная масс-спектропия. Принцип действия. Режимы работы. Применение масс-спектропии в исследовании материалов и структур электроники.
27. Основные типы монокристаллических структур. Плоскости и направления в кристалле. Некоторые типы кубических решеток. Элементарная ячейка.
28. Определение числа атомов в элементарной ячейке. Расчет периода кристаллической решетки методами молекулярной физики.
29. Рентгеноструктурный анализ. Формула Брэгга-Вульфа. .
30. Применение рентгеноструктурного анализа в исследовании материалов и структур электроники. Определение угла разориентации кремниевых пластин. Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и

	навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы
--	---

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)