

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

ФАКУЛЬТЕТ НАНО- И БИОМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета



С.Б. Вениг

30.08.2019 г.

Рабочая программа дисциплины

Методы исследования и диагностики материалов и структур

Направление подготовки бакалавриата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки бакалавриата
"Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов"

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2019

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Терин Денис Владимирович		30.08.19
Председатель НМК	Михайлов Александр Иванович		30.08.19
Заведующий кафедрой	Вениг Сергей Борисович		30.08.19
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Методы исследования и диагностики материалов и структур» является формирование у студентов комплекса общекультурных и профессиональных знаний и умений в области разработки, исследования материалов и структур и их методов исследования и диагностики.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и активизация знаний по основным разделам физики, химии, материаловедению и технологии, теоретической и общей физики, нанотехнологии и обучение использованию фундаментальных знаний и представлений;
- формирование знаний основных предположений, при выполнении которых справедлив рассматриваемый метод;
- формирование и углубление знаний физических основ методов и основных алгоритмов обработки данных измерений;
- формирование знаний составляющих погрешностей методов и умение оценивать области применимости и погрешности используемого метода;
- формирование и углубление знаний методов многопараметровых измерений и современных методов исследовательской работы (вычислительный эксперимент, прямые и обратные задачи, математическое описание процессов и связей методами планируемого эксперимента);
- формирование умений выбирать методы исследования материалов, структур и процессов и реализующие их средства, адекватные конкретной задаче, для решения которой проводятся измерения и анализ;
- формирование умений формулировать задачи для поиска в Интернете и использовать возможности Интернета для анализа возможностей решения конкретных задач метрики и их реализации;
- формирование умения применять стандартные математические пакеты программ для решения поставленной задачи;
- формирование умения выявлять и формулировать недостающие знания и сведения, требования к аппаратуре и методикам, необходимые для решения поставленной задачи;
- формирование владения рядом современных методов исследования материалов и структур и навыками их практического использования, навыками анализа соответствия различных методов и средств исследований и измерений конкретным целям диагностики.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Методы исследования и диагностики материалов и структур» относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» и изучается студентами очной формы обучения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» (профиль «Нанотехно-

логии, диагностика и синтез современных материалов»), в течение 7 и 8 учебных семестров.

Материал дисциплины «Методы исследования и диагностики материалов и структур» опирается на ранее приобретенные студентами знания по дисциплинам: Математический анализ: Математика. Часть 1. Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Математика. Часть 1. Векторный анализ, Математика. Часть 2. Теория вероятностей и математическая статистика, Математика. Часть 3. Дифференциальные уравнения (прикладной аспект), Инженерная и компьютерная графика, Принципы расширения возможностей стандартных прикладных программ, Информатика: средства и методы защиты информации, Метрология, стандартизация и сертификация, Организация и управление производством, инноватика, Безопасность жизнедеятельности, Промышленная экология, Введение в общую физику, Механика и молекулярная физика, Термодинамика, Электричество и магнетизм, Оптика, Ядерная физика, физика атома и конденсированного состояния, Квантовая механика, Основы физического материаловедения, Основы материаловедения многокомпонентных материалов, Материаловедение. Металловедение, Материаловедение. Полимеры и поликонденсационные материалы, Материаловедение. Композитные материалы, Технология наноматериалов и наноструктур, Технология материалов и структур электроники, Моделирование и оптимизация производственных систем и технологических процессов, Неорганическая химия, Органическая химия, Физическая химия, Основы кристаллографии и минералогии, и подготавливает студентов к прохождению преддипломной практики и выполнению научно-исследовательской работы и выпускной квалификационной работы.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Методы исследования и диагностики материалов и структур» формируются следующие компетенции: ПК-4, ПК-5:

ПК-4 – способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;

ПК-5 – готовность выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать разнообразие физических явлений, используемых при исследованиях и контроле материалов и структур, основные методы диагностики микро и наноструктур, физическое содержание определяемых величин различными методами, основных направлений развития методов определения свойств материалов и структур после и непосредственно в ходе базовых технологических процессов;

уметь применять знания для решения задач метрики исследования материалов и структур, использовать современные информационные технологии, применять численные методы для моделирования объектов материаловедения и технологии новых материалов, сопоставлять различные методы определения одних и тех же величин по областям их применения, достоинствам и недостаткам;

владеть знаниями, достаточными для привлечения и использования основных методов диагностики микро и наноструктур после и непосредственно в ходе базовых технологических процессов, пониманием физического содержания определяемых величин различными методами, представлением основных направлений развития методов, навыками использования знаний для решения теоретических и прикладных задач на основе проведения натуральных и вычислительных экспериментов.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Методы исследования и диагностики материалов и структур» составляет 9 зачетных единицы, 324 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лаб.	Пр.	СРС	
7 семестр								
1.	Введение	7	1-2	4	-	-	6	устный опрос
2.	Методы измерений электрофизических свойств	7	3-6	8	10	8	12	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам лабораторных и практических работ в письменной форме
3.	Исследование и контроль рекомбинационных параметров	7	7-9	6	8	10	12	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам лабораторных и практических работ в письменной форме

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
4.	Основы бесконтактного определения параметров полупроводниковых материалов и структур	7	10-14	10	10	10	12	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам лабораторных и практических работ в письменной форме
	Итого в 7 семестре:	7		28	28	28	42	Контрольная работа экзамен (36 ч.)
8 семестр								
5.	Определение параметров зонной структуры	8	1-4	8	16	4	10	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам лабораторных и практических работ в письменной форме
6.	Методы определения параметров полупроводниковых структур.	8	5-8	8	16	4	10	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам лабораторных и практических работ в письменной форме
7.	Методы и средства контроля структур в ходе их образования.	8	9-10	4	16	-	12	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам лабораторных работ в письменной форме
8.	Стандартизация требований к материалам, структурам, приборам и ИМИМС и методам их определения.	8	11-12	4	-	4	10	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам практических работ в письменной форме
	Итого в 8 семестре	8		24	48	12	42	экзамен (36 ч.), зачет
	Всего по дисциплине			52	76	40	84	

Содержание дисциплины

1. Введение.

Основные задачи и направления развития методов исследования материалов и структур. Регламентация целей, средств и методов. Основные тенденции и перспективы развития методов исследования материалов и структур.

2. Методы измерений электрофизических свойств.

2.1. Измерения электропроводности: Электропроводность наносистем. Основные специфические трудности и источники погрешностей при измерениях электропроводности. Классификация методов измерений. Измерения на образцах правильной геометрической формы. Измерения на образцах произвольной в плане форме. Четырёхзондовый метод, влияние условий измерения, формы и размеров образцов. Корректирующие функции. Метод Ван дер Пау. Анализ однородности, определение локальной электропроводности в неоднородных материалах. Низкочастотные бесконтактные методы. Классификация методов: методы замещения и методы модуляции свойств элементов схемы. Причины возникновения неоднозначности и методы её исключения.

2.2. Определение концентрации и подвижности носителей заряда на основе гальваномагнитных эффектов и вольт-ёмкостные измерения: Основные гальваномагнитные явления, используемые при исследованиях и контроле материалов и структур. Специфические трудности и источники погрешностей при измерениях эффектов Холла, геометрического и физического магнитосопротивления. Исследования гальваномагнитных явлений в постоянных и переменных магнитных и электрических полях на пластинах правильной и произвольной формы. Метод Ван дер Пау. Эффект Холла и проводимость слоистонеоднородных структур. Вольт-ёмкостные измерения. Влияние механизмов рассеяния, градиентов концентраций и физическое содержание значений концентрации и подвижности носителей заряда, определяемых на основе эффекта Холла, эффектов геометрического и физического магнитосопротивления и вольт-ёмкостных измерений Гаусса.

3. Исследование и контроль рекомбинационных параметров.

3.1. Рекомбинация и времена жизни неравновесных носителей заряда в объёме и у поверхности, физическое содержание и взаимосвязи параметров, базовая система уравнений, основные условия измерений.

3.2. Стационарные методы. Метод стационарной фотопроводимости. Определение времени жизни и скорости поверхностной рекомбинации. Методы подвижного зонда. Фотогальваномагнитный эффект и измерения рекомбинационных параметров на его основе.

3.3. Нестационарные методы. Определение времени жизни и скорости поверхностной рекомбинации по спаду фотопроводимости (расчетные соотношения, специфические особенности измерения). Метод модуляции проводимости в точечном контакте. Определение времени жизни при периодическом возбуждении по зависимости отклика от частоты и сдвигу фаз. Определение времени жизни методом сдвинутых импульсов.

4. Основы бесконтактного определения параметров полупроводниковых материалов и структур.

4.1. Распространение электромагнитного излучения в проводящей среде. Комплексные диэлектрическая проницаемость, импеданс и показатель преломления однородных материалов и композитных сред.

4.2. Связи оптических и высокочастотных свойств материалов с их проводимостью, концентрацией, подвижностью и эффективной массой носителей заряда поляризуемостью "решётки" и частотой.

4.3. Низкочастотные бесконтактные методы. Классификация методов (методы замещения и методы модуляции свойств элементов схемы). Причины возникновения неоднозначности и методы её исключения.

4.4. Плазменный резонанс носителей заряда в полупроводниках и металлах и определение концентрации, подвижности и эффективной массы носителей заряда. Дисперсия электро-

магнитного излучения в полупроводниковой среде в магнитном поле. Эффект Фарадея, циклотронный и магнитоплазменный резонансы и их применение для определения параметров материалов.

5. Определение параметров зонной структуры.

5.1. Анализ особенностей зонной структуры и определение ширины запрещенной зоны :

- по измерениям температурных зависимостей электропроводности и коэффициента Холла;

- по измерениям спектрального распределения поглощения;

- по спектральной зависимости рекомбинационного излучения;

- по спектральной зависимости фотопроводимости.

Сопоставление значений ширины запрещенной зоны, определяемых различными методами. Исследование зависимостей параметров зонной структуры от температуры, давления и состава.

5.2. Определение эффективных масс носителей заряда в полупроводниковых материалах по результатам измерений термо ЭДС, эффекта Холла и плазменного резонанса носителей заряда, циклотронного и магнитоплазменного резонансов, спектральных зависимостей поглощения и эффекта Фарадея. Сопоставление значений эффективной массы, определенных различными методами. Определение ширины запрещенной зоны по спектру поглощения.

6. Методы определения параметров полупроводниковых структур.

6.1. Влияние пограничных сред на свойства сопредельных слоев в структурах. Физическое содержание определяемых величин. Определение концентрации и подвижности носителей заряда в неоднородных полупроводниковых материалах и структурах. Определение распределения примесей в неоднородных структурах. Вольт-емкостной метод. Электронно- и ионно-зондовые методы анализа состава и электронных свойств. Классификация методов. Методы Оже-спектроскопии, вторичной ионной масспектроскопии, рентгеноспектрального и рентгенофлуоресцентного анализа, обратного Резерфордского рассеяния

6.2. Основные параметры и методы контроля свойств эпитаксиальных структур (определения толщины слоев и их электрофизических свойств). Основные параметры и методы контроля свойств диффузионных структур (определения поверхностной концентрации, положения р-п перехода, поверхностного сопротивления). Основные параметры и методы контроля свойств структур металл – диэлектрик – полупроводник (толщины слоя диэлектрика, его состава и показателя преломления, плотности поверхностных состояний и поверхностного заряда, уровня легирования полупроводника). Тестовые методы контроля. Переходные слои в структурах и методы определения их параметров

7. Методы и средства контроля структур в ходе их образования.

7.1. Определение толщины и скорости роста (травления) полупроводниковых и диэлектрических слоев в ходе их образования в молекулярно-лучевых, газотранспортных и плазмохимических процессах.

7.2. Определение состава и свойств структур в процессах их образования.

7.3. Возможности прогнозирования функциональных параметров устройств на основе контроля *in situ*.

7.4. Определения свойств структур и технологических факторов при приборно- технологическом моделировании, в виртуальных и натуральных системах производства и изучения.

8. Стандартизация требований к материалам, структурам, приборам и ИМИС и методам их определения.

8.1. Международные, государственные и отраслевые системы показателей качества и методов их определения.

8.2. Классификация параметров. Построение систем контроля. Контрольные, периодические и конструктивные испытания. Испытания на длительный срок службы. Испытания на устойчивость к механическим воздействиям и воздействиям окружающей среды. Оптимизация контроля.

Примерная тематика практических занятий (семинаров)

1. Омические контакты - Свойства, методы создания, методы определения основных параметров
2. Определение концентрации мелких донорных и акцепторных уровней.
3. Определение профилей концентрации и подвижности носителей заряда в слоисто неоднородных материалах и структурах. Почему и какие уровни мелкие?
4. Основные возможности и методы отдельного определения концентрации донорных и акцепторных уровней в основных полупроводниковых материалах.
6. Электрофизические методы анализа профилей распределения концентрации и подвижности носителей заряда на основе методов измерения проводимости, коэффициента Холла и вольт-ёмкостных измерений.
7. Неразрушающие методы определения профилей распределения концентрации и подвижности носителей заряда.
8. Методы измерений топологических параметров материалов и структур.
9. Электронно- и ионнозондовые методы локального анализа состава.
10. Анализ состава структур методами Оже-спектроскопии, вторично-ионной спектроскопии, обратного Резерфордского рассеяния, рентгено-флуоресцентными методами.
11. Основы неразрушающего многопараметрового определения свойств материалов и структур.

Примечание:

Темы для семинарских занятий выбираются и конкретизируются преподавателем, ведущим семинары, по согласованию с преподавателем, читающим лекции.

Перечень лабораторных работ (примерный)

1. Математическое описание и моделирование процессов на основе планирования экспериментов (ПФЭ).
2. Определение свойств материалов и структур по отраженному излучению в области плазменного резонанса.
3. Эллисометрия непоглощающих сред (определение оптических постоянных материалов, оптических постоянных и толщины слоёв в структурах).
4. Анализ зонной энергетической структуры на основе спектральной зависимости коэффициента поглощения.
5. Определение толщин слоёв в эпитаксиальных и диффузионных структурах.
6. Определение параметров МДП структур.
7. Многопараметровое определение свойств многослойных структур по угловой зависимости отраженного слоистой структурой излучения.
8. Многопараметровое определение свойств многослойных структур по отраженному слоистой структурой излучению.

9. Определение параметров нанопористого кремния *in situ*.
10. Фотолюминесценция пористого кремния.
11. Изучение диагностики композитов в наноструктурах на основе эллипсометрических измерений.
12. Определение механизма проводимости в неупорядоченных средах.
13. Изучение кинетики и оптических свойств нанометровых слоёв в ходе их образования.
14. Контроль топологии и состава наноструктур с помощью РЭМ.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При реализации различных видов учебной работы по данной дисциплине (лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа) с целью создания условий для самоактуализации и самореализации обучающихся, предоставления возможностей для конструирования собственного знания, используются следующие современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проблемное обучение;
- творческие задания;
- дискуссии на заданную тему.

При проведении лекционных занятий используется персональный компьютер, мультимедийный проектор и интерактивный экран. На лекционных занятиях проводятся экспресс - опросы по пройденному материалу и дискуссии на тему, предложенную для самостоятельной проработки.

Часть лекций происходит в форме лекции-беседы, позволяющей привлечь внимание студентов к наиболее важным вопросам темы и определяющей темп изложения учебного материала с учетом особенностей студентов.

Методы обучения, применяемые при изучении дисциплины, способствуют закреплению и совершенствованию знаний, овладению умениями и получению навыков в области методов исследования и диагностики материалов и структур.

Содержание учебного материала диктует выбор методов обучения:

- информационно-развивающие – лекция, объяснение, демонстрация, решение задач, самостоятельная работа с рекомендуемой литературой;
- проблемно-поисковые и исследовательские – самостоятельная проработка предлагаемых проблемных вопросов по дисциплине.

При проведении части лабораторных занятий в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (компьютером, проектором и интерактивным проектором), излагаются и анализируются творческие задания.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;

- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;

- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;

- использование индивидуальных графиков обучения;

- использование дистанционных образовательных технологий.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Самостоятельная работа студентов в объеме 42 часа (7 семестр) и 42 часа (8 семестр) по дисциплине «Методы исследования и диагностики материалов и структур» проводится в течение всего периода изучения дисциплины и заключается в чтении и изучении рекомендуемой литературы, подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям, в выполнении заданий лектора.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации при выполнении лабораторных работ и практических заданий) и индивидуальную работу студента в компьютерном классе или библиотеке.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;

- при подготовке к лабораторным и практическим занятиям пользоваться конспектами лекций, рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу, использовать интернет-ресурсы;

- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время экзамена.

Вопросы и задания для самоконтроля при выполнении самостоятельной работы

Выделить основные моменты, сделать теоретические и практические выводы, дать краткое обоснование этих выводов по темам:

Методы измерения и исследования электрофизических свойств:

- Анализ однородности, определение локальной электропроводности в неоднородных материалах.

- Низкочастотные бесконтактные методы.

- Классификация методов: методы замещения и методы модуляции свойств элементов схемы. Причины возникновения неоднозначности и методы её исключения..

- Основные гальваномагнитные явления, используемые при исследованиях и контроле материалов и структур.

- Специфические трудности и источники погрешностей при измерениях эффектов Холла, геометрического и физического магнитосопротивления.

Исследование и контроль рекомбинационных параметров.

- Методы подвижного зонда. Фотогальваномагнитный эффект и измерения рекомбинационных параметров на его основе.

- Метод модуляции проводимости в точечном контакте.

- Определение времени жизни при периодическом возбуждении по зависимости отклика от частоты и сдвигу фаз.

- Определеение времени жизни методом сдвинутых импульсов.

Основы бесконтактной метрики.

- Комплексные диэлектрическая проницаемость, импеданс и показатель преломления однородных материалов и композитных сред.

- Связи оптических и высокочастотных свойств материалов с их проводимостью, концентрацией, подвижностью и эффективной массой носителей заряда поляризуемостью “решётки” и частотой.

Определение параметров и исследование зонной структуры.

- Определение ширины запрещённой зоны:

-- по измерениям температурных зависимостей электропроводности и коэффициента Холла;

-- по измерениям спектрального распределения поглощения;

-- по спектральной зависимости рекомбинационного излучения;

-- по спектральной зависимости фотопроводимости.

- Определение ширины запрещённой зоны по спектру поглощения.

Методы определения параметров структур.

- Классификация методов.

- Методы Оже-спектроскопии, вторичной ионной масспектроскопии, рентгеноспектрального и рентгенофлуоресцентного анализа, обратного Резерфордского рассеяния

Методы и средства контроля структур в ходе процессов их образования

- Определение толщины и скорости роста (травления) полупроводниковых и диэлектрических слоев в ходе их образования в молекулярно-лучевых, газотранспортных и плазмохимических процессах.

- Определение состава и свойств структур в процессах их образования.

Примерные вопросы контрольной работы **(выполняется в 7 семестре)**

1. Классифицируйте факторы, определяющие точность измерений удельного сопротивления зондовыми методами.

2. Охарактеризуйте влияние параметров материалов на качество и выход готовых изделий.

3. Предложите методику по исследованию поверхностных свойств современных материалов, на примере полупроводников.

4. Предложите методику определения параметров материалов путем измерения фотопроводимости, фототока, фото-ЭДС, фотолюминесценции и фотоэлектромагнитного эффекта.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации
по итогам освоения дисциплины, в форме экзамена (7 и 8 семестр) и зачета
(8 семестр)

1. Получите расчётную формулу для измерения проводимости четырёхзондовым методом при расположении зондов по углам квадрата.
2. Проведены измерения фотопроводимости при различных частотах модуляции фотовозбуждения. Определите время жизни неравновесных носителей заряда и проверьте применимость предлагаемого метода.
3. Получите расчётную формулу для определения проводимости четырёхзондовым методом для случая когда 2-ой и 3-ий зонды токовые, а 1-ый и 4-ый потенциальные.
4. Измерения разности фаз между сигналами фотопроводимости и возбуждения проведены при различных частотах фотовозбуждения. Предложите способ представления экспериментальных данных для проверки применимости предлагаемой методики и определите время жизни неравновесных носителей заряда.
5. Время жизни неравновесных носителей заряда определяется по спаду фотопроводимости. Обоснуйте выбор временного интервала на зависимости измеряемого сигнала от времени.
6. Измерения проводимости полупроводникового материала проводятся методом Ван дер Пау. Как проверить однородность проводимости образца?
7. Как отличить напряжение асимметрии от ЭДС Нернста и исключить влияние обоих напряжений на измерения эффекта Холла?
8. Результаты измерений проводимости образца методом Ван дер Пау больше проводимости, определённой трёхзондовым методом в несколько раз. Назовите возможные причины.
9. Толщина плёнки меньше толщины обеднённого слоя при пробое. Удельное сопротивление плёнки измеряется трёхзондовым методом. Как влияет проводимость подложки на результаты измерений?
10. Значения относительного изменения удельного сопротивления при измерениях физического и геометрического магнитосопротивления отличаются в 2 раза. Предложите объяснение и используйте его для оценки механизма рассеяния носителей заряда.
11. При измерениях проводимости замена прибора, измеряющего разность потенциалов, с внутренним сопротивлением 10 МОм на прибор с сопротив-

- лением 100 Мом привела к изменению определяемого значения проводимости образца в 2 раза. Как по этим данным определить истинное значение проводимости ?
12. Значения концентрации носителей заряда, определённые вольт-ёмкостным методом и по эффекту Холла отличаются более чем на 50% ($5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ и $2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ соответственно). Назовите возможные причины.
 13. Изучение профиля распределения концентрации носителей заряда проводится вольт-ёмкостным методом. Каково влияние погрешности в определении площади обедняющего контакта на абсолютные и относительные значения концентрации ?
 14. Значения концентрации носителей заряда, определённые по измерениям эффекта Холла и вольт-ёмкостным методом отличаются в 2 раза. Назовите возможные причины.
 15. Измерения концентрации носителей заряда проводятся вольт-ёмкостным методом. Что ограничивает предельную глубину, на которой может быть определена концентрация? Оцените её при ожидаемой концентрации $5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$.
 16. Измерения диффузионной длины проводятся методом подвижного светового зонда. Как проверить линейность коллектора и исключить нелинейность при необходимости?
 17. Вы располагаете аппаратурой для измерения времени жизни по стационарной фотопроводимости. Как установить линейна или нелинейна рекомбинация неравновесных носителей заряда?
 18. Значения проводимости, измеренные на постоянном токе и на переменном не совпадают. Назовите возможные причины.
 19. Можно ли получить сведения о механизме рассеяния носителей заряда измерениями эффекта Холла и магнитосопротивления?
 20. На каких частотах можно наблюдать ЭДС Холла, Нернста и асимметрии при измерениях эффекта Холла на переменном токе и постоянном магнитном поле.
 21. Можно ли определить подвижность носителей заряда, измеряя их время жизни и диффузионную длину.
 22. Проводимости слоя и подложки могут находиться в пределах от 10 – 100 $\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ и 0.1 – 1 $\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ соответственно, толщина слоя от 10 до 100 мкм. При каких межзондовых расстояниях можно пренебречь проводимостью подложки при измерениях проводимости слоя четырёхзондовым методом ?
 23. Значения проводимости образца, определённые на постоянном токе, во много раз меньше значений, определённых на частоте 10^{14} Гц. Назовите возможные причины.
 24. Лазерный луч мощностью 10 мВт (длина волны 1.06 мкм, диаметр луча 3 мм) возбуждает неравновесные носители в кремнии. Как определить скорость возбуждения? Зависит ли скорость возбуждения от толщины плоскопараллельной пластины и концентрации примесей?

25. Сопоставьте качественные методы определения неоднородности полупроводниковых материалов по проводимости и порекомендуйте метод, обладающий среди них наибольшим разрешением по поверхности образца.
26. Проанализируйте качественно, как может повлиять увеличение скорости поверхностной рекомбинации на стороне образца, противоположной освещаемой, на ток короткого замыкания фотоэлектромагнитного эффекта.
27. При определении концентрации носителей заряда погрешность измерения ёмкости возросла с 0.05 до 0.1. Во сколько раз увеличится погрешность определения концентрации носителей заряда?
28. Измерения магнитосопротивления проводятся на так называемом диске Карбино, представляющем собой диск с контактами. Один из контактов – круг, размещённый в центре образца, а второй охватывает торец (периферию) диска. Получите формулу, связывающую удельное сопротивление и сопротивление образца.
29. Как влияет проводимость подложки на значение проводимости слоя, определяемое 3-х зондовым методом, если толщина слоя меньше толщины обеднённого слоя при пробое?
30. Сопоставьте зависимости спада концентрации носителей заряда от времени после прекращения фотовозбуждения для двух случаев – сопоставимая и пренебрежимо малая скорости рекомбинации на поверхности по сравнению со скоростью рекомбинации в объёме.
31. Сопротивление образца 40 Ом, какими должны быть сопротивления приборов, подключаемым к Холловским контактам, при измерениях эффектов геометрического сопротивления, физического сопротивления и ЭДС Холла?
32. Как получить сведения о механизме рассеяния носителей заряда по измерениям магнитосопротивления?
33. Проводимость плёнки существенно меньше проводимости подложки. Предложите способ определения проводимости плёнки и проанализируйте его применимость для плёнок различной толщины.
34. На длине волны 0.9 мкм коэффициент поглощения 10^2 см^{-1} , а при $\lambda = 1.2 \text{ мкм}$ – 10 см^{-1} . При какой минимальной толщине образца можно создать условия объёмного и поверхностного возбуждения неравновесных носителей заряда?
35. Значения проводимости, определённые на частоте 200 ГГц и рассчитанные по значениям концентрации и подвижности носителей заряда, найденным по спектральной зависимости отражения в области плазменного резонанса, существенно различны. Назовите возможные причины.
36. Как определить эффективную массу носителей заряда по спектральной зависимости коэффициента отражения?
37. Толщина эпитаксиального слоя в структурах типа низколегированный слой на высоколегированной подложке определяется интерференционным методом. Необходимое для уверенной регистрации интерференции отличие в значениях показателей преломления $\sim 10^{-2}$. Определить зависимость ми-

нимальной длины волны необходимого спектрального диапазона от свойств подложки.

38. Предполагаемые диапазоны значений эффективной массы, концентрации и подвижности носителей заряда $0.01-0.2 m_0$, $10^{14}-10^{16} \text{ см}^{-3}$ и $10^2-10^3 \text{ см}^2/\text{Вс}$ соответственно. Предложите способ и диапазон частот для определения концентрации и подвижности носителей заряда.
39. Заданы погрешности определения ёмкости, площади перехода и напряжения смещения (5%, 3% и 1% соответственно). С какой погрешностью определяется концентрация носителей заряда и её распределение по глубине образца вольт-ёмкостным методом?
40. Значения проводимости, определённые на частоте 20 ГГц и рассчитанные по значениям концентрации и подвижности носителей заряда, найденным по спектральной зависимости отражения в области плазменного резонанса, существенно различны. Назовите возможные причины.
41. Диапазоны удельных сопротивлений подложек и плёнок $1-100 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ и $10^3-10^4 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ соответственно. При каких межзондовых расстояниях можно не учитывать проводимости подложки, не увеличивая погрешности измерений проводимости плёнок четырёхзондовым методом более чем на 5%?
42. В предположении справедливости полуклассических соотношений определить подвижность носителей заряда по следующим данным: толщина образца, коэффициент поглощения, значение магнитного поля и угол поворота плоскости поляризации в эффекте Фарадея, предложите способ проверки предположения.
43. Лазерный луч мощностью 10 мВт (длина волны 1.06 мкм, диаметр луча 3 мм) возбуждает неравновесные носители в кремнии. Зависит ли скорость возбуждения от температуры, толщины плоскопараллельной пластины и концентрации примесей?
44. В предположении, что потери вызваны рассеянием свободных носителей заряда, предложите способ определения времени релаксации и концентрации носителей заряда и подтверждения предположения по значениям действительной и мнимой частей комплексной диэлектрической проницаемости.
45. Предполагаемые диапазоны значений эффективной массы, подвижности и концентрации носителей заряда $0.01-0.2$ массы свободного электрона, $100-1000 \text{ см}^2/\text{Вс}$, $10^{19}-10^{20} \text{ см}^{-3}$. Предложите способ и диапазон частот для бесконтактного определения концентрации и подвижности носителей заряда.
46. Может ли уровень фотовозбуждения изменить его характер (поверхностное, объёмное)?
47. Как определить эффективную массу носителей заряда по спектральной зависимости коэффициента отражения?
48. Результаты измерений толщины слоя по интерференции отражённого излучения и по взвешиванию различаются больше чем погрешности в методах измерений. Возможные причины и способы их подтверждения.

49. По толщине образца концентрация N и подвижность m носителей заряда изменяются по законам $N(x)=N_0 \cdot \exp(-ax)$ и $m=m_0 \cdot N^{-b}$ соответственно. Экспериментально определены значения коэффициента Холла – R_x и проводимость образца - s . Сопоставьте значения холловских концентрации и подвижности носителей заряда со средними по образцу значениями.
50. Можно ли получить сведения о механизме рассеяния носителей заряда по следующим данным: коэффициент Холла, плазменная частота, циклотронная частота.
51. Почему и как изменение температуры может повлиять на характер фотовозбуждения носителей заряда в полупроводниковом материале?
52. Как изменить скорость распространения электромагнитной волны в полупроводниковом материале?
53. Предложите и сопоставьте способы бесконтактного определения распределения концентрации носителей заряда по площади пластины.

Зачет (8 семестр) выставляется по результатам выполнения лабораторных работ и отчета по полученным результатам, а также выполнения практических заданий. Зачет служит допуском к сдаче экзамена (8 семестр)

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС 7 семестр

7.1. Учебный рейтинг по дисциплине «Методы исследования и диагностики материалов и структур» при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена в 7 семестре

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в 7 семестре при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена.

1	2	3	4	5	6	7	8	
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	15	20	10	20	0	0	35	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

7 семестр

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 15 баллов.

Лабораторные занятия

Посещаемость, отчёты по лабораторным работам – от 0 до 20 баллов.

Практические занятия:

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 10 баллов.

Самостоятельная работа

Оформление отчётов по лабораторным работам, выполнение заданий на самостоятельную работу, контрольная работа – от 0 до 20 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Не предусмотрено.

Промежуточная аттестация (экзамен)

Подготовка студента к прохождению промежуточной аттестации осуществляется в ходе лекционных, лабораторных и практических занятий, а также во внеаудиторные часы в рамках самостоятельной работы студента. Во время самостоятельной подготовки студент пользуется конспектами лекций, основной и дополнительной литературой по дисциплине.

Во время экзамена студент должен дать развернутый ответ на вопросы билета. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы по всему изучаемому курсу. Во время ответа студент должен продемонстрировать знания по всему изучаемому материалу. Студент должен уметь разделять факты и их интерпретацию, владеть методами аргументирования своих утверждений. Полнота ответа определяется показателями оценивания планируемых результатов обучения (раздел 1 "Фонда оценочных средств").

Ранжирование ответов студентов при проведении промежуточной аттестации:

ответ на «отлично» – **21-35 баллов**

ответ на «хорошо» – **11-20 баллов**

ответ на «удовлетворительно» – **6-10 баллов**

неудовлетворительный ответ. – **0-5 баллов**

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Методы исследования материалов и структур электроники и наноэлектроники» при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Методы исследования материалов и структур электроники и наноэлектроники» в оценку, выставляемую в экзаменационную ведомость и зачётную книжку, осуществляется в соответствии с таблицей 2:

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку.

86 - 100 баллов	«отлично»
70 - 85 баллов	«хорошо»
50 - 69 баллов	«удовлетворительно»
меньше 50 баллов	«неудовлетворительно»

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в конце 7 и 14 недель обучения.

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими зачёта на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

8 семестр

7.2. Учебный рейтинг по дисциплине «Методы исследования и диагностики материалов и структур» при проведении промежуточной аттестации в форме зачёта

Таблица 3. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в 8 семестре при проведении промежуточной аттестации в форме зачёта.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
8	0	30	20	20	0	0	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

8 семестр

Лекции

Не предусмотрены.

Лабораторные занятия

Посещаемость, отчёты по лабораторным работам – от 0 до 30 баллов.

Практические занятия:

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 20 баллов.

Самостоятельная работа

Оформление отчётов по лабораторным работам, выполнение заданий на самостоятельную работу, контрольная работа от 0 до 20 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Не предусмотрено.

Промежуточная аттестация (зачёт)

При определении разброса баллов на зачете используется следующая шкала ранжирования:

16-30 баллов – ответ на «зачтено»,

0-15 баллов – ответ на «не зачтено».

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Методы исследования и

диагностики материалов и структур» при проведении промежуточной аттестации в форме зачёта составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Методы исследования и диагностики материалов и структур» в оценку (зачёт) осуществляется в соответствии с таблицей 4:

Таблица 4. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку (экзамен).

60 баллов и более	«зачтено»
меньше 60 баллов	«не зачтено»

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в конце 6 и 12 недель обучения.

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими зачёта на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

7.3. Учебный рейтинг по дисциплине «Методы исследования и диагностики материалов и структур» при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена в 8 семестре

Таблица 5. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в 8 семестре при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
8	10	30	10	20	0	0	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

8 семестр

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 10 баллов.

Лабораторные занятия

Выполнения предусмотренных рабочей программой лабораторных работ – от 0 до 30 баллов

Практические занятия

Выполнения предусмотренных рабочей программой практических заданий – от 0 до 10 баллов

Самостоятельная работа

Оформление выполненных лабораторных работ – от 0 до 20 баллов

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Не предусмотрено.

Промежуточная аттестация (экзамен)

Подготовка студента к прохождению промежуточной аттестации осуществляется в ходе лекционных, лабораторных и практических занятий, а также во внеаудиторные часы в рамках самостоятельной работы студента. Во время самостоятельной подготовки студент пользуется конспектами лекций, основной и дополнительной литературой по дисциплине.

Во время экзамена студент должен дать развернутый ответ на вопросы билета. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы по всему изучаемому курсу. Во время ответа студент должен продемонстрировать знания по всему изучаемому материалу. Студент должен уметь разделять факты и их интерпретацию, владеть методами аргументирования своих утверждений. Полнота ответа определяется показателями оценивания планируемых результатов обучения (раздел 1 "Фонда оценочных средств").

Ранжирование ответов студентов при проведении промежуточной аттестации:

ответ на «отлично» – **22-30 баллов**

ответ на «хорошо» – **13-21 баллов**

ответ на «удовлетворительно» – **6-12 баллов**

неудовлетворительный ответ. – **0-5 баллов**

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Методы исследования и диагностики материалов и структур» при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Методы исследования и диагностики материалов и структур» в оценку (экзамен) осуществляется в соответствии с таблицей 6:

Таблица 6. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку (экзамен).

86 - 100 баллов	«отлично»
70 - 85 баллов	«хорошо»
50 - 69 баллов	«удовлетворительно»
меньше 50 баллов	«неудовлетворительно»

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в конце 6 и 12 недель обучения.

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими зачета на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины


а) основная литература:

1. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия. Часть 1 [Текст] / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2013. - 134 с. - ISBN 978-5-7782-2158-1 Режим доступа <http://znanium.com/go.php?id=546601> .— ЭБС «ИНФРА-М»
2. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур. Часть II [Электронный ресурс] / А. А. Величко, Н. И. Филимонова. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2014. - 227 с. .— Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=546528>.— ЭБС «ИНФРА-М»
3. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс]/ Неволин В.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2014.— 174 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26894>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. Методы и средства измерений: учеб. для студентов учреждений высш. проф. образования / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. – 6-е изд., стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 330 с. (10 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Получение и исследование наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям / под ред. А.С. Сигова. – М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. – 146 с. (50 экз.)
2. Микроскопические методы исследования материалов [Электронный ресурс]: монография/ Кларк Э.Р., Эберхард К.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2007.— 376 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12728>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии [Электронный ресурс]/ Неволин В.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2013.— 128 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16975>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. Фундаментальные основы процессов химического осаждения пленок и структур для нанoeлектроники [Электронный ресурс]/ Ф.А. Кузнецов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2013.— 176 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/32819>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
5. Раскин А.А., В. К. Прокофьева В.К. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники ч. 1 - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 163 с. (45 экз.)
6. Рошин В.М., Силибин М.В.. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники ч. 2. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. 179 с. (45 экз.)
7. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий: в 2 т. / под общ. ред. Ю. Н. Коркишко. Т. 1 : Физико-химические основы технологии

микроэлектроники / Ю. Д. Чистяков, Ю. П. Райнова. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 392 с.

8. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: в 2 т. / под общ. ред. Ю. А. Чаплыгина. Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / Королёв М. А., Крупкина Т. Ю., Ревелева М. А.. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 396 с.
9. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: учеб. пособие : в 2 т. под общ. ред. Ю. А. Чаплыгина. Ч. 2 : Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования. / Королёв М. А., Крупкина Т. Ю., Путря М.Г., Шевяков В.И. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009. - 422 с. 

в) рекомендуемая литература:

1. Многопараметровая диагностика микро- и наноструктур / Д. И. Биленко [и др.] ; Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. - Саратов : Издательство Саратовского университета, 2015. - 132 с.
2. Многопараметровая диагностика микро- и наноструктур. Биленко Д.И, Белобровая О.Я., Галушка В.В., Сагайдачный А.А., Терин Д.В. Свидетельство об отраслевой регистрации № 10716 от 05.06.2008. Номер гос. регистрации 50200801139. Дата регистрации 02 июня 2008 г. Саратов, 2008. - 173 с.
3. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Плазменный резонанс свободных носителей заряда в полупроводниках / Д.И. Биленко. - Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1999. - 44 с. (1 экз.)
4. Микроскопические методы исследования материалов / Э.Р. Кларк, К.Н. Эберхардт; пер. с англ. С.Л. Баженова; Ин-т синтет. полимер. материалов им. Е.Н. Ениколопова РАН. - М.: Техносфера, 2007. - 371 с. (1 экз.)
5. Физика полупроводников: учеб. пособие / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1977. - 672 с. (1 экз.)
6. Дубровский В. Г. Теория формирования эпитаксиальных наноструктур - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 350 с.
7. Малкович Р. Ш. Математика диффузии в полупроводниках - СПб. : Наука, 1999. - 389 с.
8. Гаврилов С.А., Белов А.Н. Электрохимические процессы в технологии микро- и нанoeлектроники - М. : Высш. образование, 2009. - 257 с.
9. Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества. - М. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2010. - 309 с.
10. Борисенко В.Е., Воробьева А.И., Уткина Е.А. Нанoeлектроника. - М. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2009 - 223 с.
11. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л.. Наноматериалы : учебное пособие. - М. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2008. - 365 с.
12. Старостин В. В. Материалы и методы нанотехнологии : учеб. пособие / В. В. Старостин ; под общ. ред. Л. Н. Патрикеева - М. Бином. Лаборатория знаний. 2008. - 431 с.

13. Кормилицын О. П., Шукейло Ю. А. Механика материалов и структур нано- и микротехники. - М. : Изд. центр "Академия", 2008. - 215 с.
14. Лозовский В.Н., Константинов Г.С., Лозовская С.В. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность : учебное пособие СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 336 с.
15. Барыбин А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 423 с.
16. Хартман У. Очарование нанотехнологии. – М. : Бинوم. Лаборатория знаний. 2008. -173 с.
17. Альтман Ю. Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений. М.; Техносфера, 2008. -424 с.
18. Кормилицын О.П., Шукейло Ю.А. Механика материалов и структур нано- и микротехники : учеб. Пособие для студ. Высш. Учеб. Заведений. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 224 с.
19. Пул. Ч. мл., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2007. – 376 с.
20. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит. 2007 – 414 с.
21. Статьи в отечественной и зарубежной печати по рекомендации преподавателя

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Операционные системы, программные средства офисного назначения:

1. Microsoft Windows XP Professional, Microsoft Windows 7, Microsoft Windows 8 – лицензия № 61137891 от 09.11.2012
 2. Microsoft Office профессиональный 2007 (Word, Excel, Access, PowerPoint, Outlook, InfoPath, Publisher) – лицензия № 42226296
 3. Microsoft Office Standart 2010 – лицензия № 67334291
 4. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstation
- Программы для работы с мультимедийным контентом:
1. CorelDRAW Graphics Suite X3 – лицензия №3050977 от 17.12.2007
 2. Adobe Photoshop Extended CS3 – лицензия №CE801217 от 01.07.2008
- Специализированное программное обеспечение:
1. AutoCAD Mechanical 2013 – Русский – 371-82425427
 2. QuantumWise Virtual Nano Lab 12 – лицензия № 20120636
 3. Embarcadero RAD Studio 2010 – 153970
 4. LabVIEW 8.5 – лицензия M71X16241 от 28.05.2010
 5. Wolfram Mathematica 7 – лицензия L3266-6743 от 12.02.2010
 6. PTC Mathcad 14 – лицензия №2527097 от 27.02.2010
 7. The MathWorks MATLAB – лицензия № 577478 от 27.02.2010
 8. ABBYY Lingvo 12 лицензия № AL 2-2S1V06-102 от 11.02.2008
 9. LabVIEW Full Development System – лицензия M64X82792 от 03.02.2007
 10. Ultiboard Education Single Seat – лицензия M64X82699 от 03.02.2007
 11. Ultiboard Education Single Seat – лицензия M64X54001 от 03.02.2007

12. Multisim Education MCU Module – лицензия M64X57137 от 03.02.2007
13. Multisim Education MCU Module – лицензия M64X53943 от 03.02.2007
14. Multisim Education – лицензия M64X94555 от 03.02.2007
15. ThermaCAM Reporter 8 Professional лицензия aKFJu-C9JC2-842b8-6V9aB-RO9CN-AVB1O от 15.02.2007
16. ThermaCAMResearch лицензия 041-262-416-340 от 09.11.2004
17. ANSYS Academic Research HFSS Лицензия в виде файла-лицензии license-ansoft_1-22-2013-6.7.25
18. ANSYS Academic Research Mechanical Лицензия в виде файла-лицензии license-ansys_1-22-2013-6.7.25
19. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/window/>
20. Зональная научная библиотека им. В.А. Артисевич Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Методы исследования и диагностики материалов и структур» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками. Оборудование и возможности учебно-научной лаборатории микроэлектроники и описаны на сайте лаборатории.

В частности, студенты имеют возможность использовать при выполнении лабораторных работ:

Химический участок (общая площадь 36 кв.м.) с приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением и отдельными (автономными) вентиляционными устройствами для отсоса воздуха из вытяжных шкафов:

- Четыре вытяжных шкафа;
- Установка по получению образцов пористого кремния с контролем *in situ*;
- Установка плазмохимического синтеза пленок и сверхрешеток на основе пленок аморфного гидрогенизированного и нитридизированного кремния,
- Установка по получению пленок двуокиси ванадия,
- Установка по получению дистиллированной воды,
- Установка по получению бидистиллированной воды,
- Участок для обработки химической посуды (водопровод, канализация),

Участок универсального вакуумного откачного поста, ВУП-5 трехфазный (380 В) потребляемая мощность 5 кВт (общая площадь 36 кв.м.).

Участок оптических исследований (общая площадь 18 кв.м):

- Эллипсометр – ЛЭФ 3М - 2 шт.
- Спектральный быстродействующий эллипсометрический комплекс (Эллипс – 1000 АСГ),
- Спектрофотометр СФ-56 Ломо Спектр,
- Спектрофотометр СФ-2000,
- Спектрофотометр СФ-26 Ломо,
- ИК спектрометр Specord M80,
- Участок оптической микроскопии (Универсальный прецизионный оптометрический комплекс).

Весовая (общая площадь 12 кв.м):

- Весы ExplorerPro,
- Установка ДСК анализа Thermal Analyser DTAS 1300.

Участок электрофизических и электродинамических исследований (общая площадь 18 кв.м) с приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением:

- Высокочастотный прецизионный измеритель RLC 6500 P,
- Высокочастотный прецизионный измеритель RLC 6400 B,
- Измеритель иммитанса LCR 819.

Участок зондовой туннельной микроскопии (общая площадь 9 кв.м):

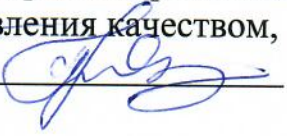
- Нанотехнологический комплекс «Умка» – 4 шт.

Механический участок (общая площадь – 18 кв. м) с приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением:


- Токарный станок 1Е61МТ
- Фрезерный станок (тип 675)
- Сверлильный станок.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов и профилем подготовки «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов»


Программа одобрена на заседании кафедры материаловедения, технологии и управления качеством от «12» сентября 2016 г., протокол № 2.

Автор: доцент кафедры материаловедения,
технологии и управления качеством,
к.ф.-м.н., доцент  Д.В. Терин

Зав. кафедрой материаловедения, технологии и управления качеством,
д.ф.-м.н., профессор

 С.Б. Вениг

Декан факультета nano- и биомедицинских технологий,
д.ф.-м.н., профессор

 С.Б. Вениг