

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х. М. Бербекова» (КБГУ)

Институт информатики, электроники и робототехники
Кафедра электроника и цифровых информационных технологий

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы _____ **Тешев Р.Ш.**
«_____» _____ 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института
_____ **Шогенов Б.В.**
«_____» _____ 2024 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Атомно-зондовая томография наноматериалов и наноструктур»

Направление подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность
Современные информационные технологии в электронной технике

Квалификация выпускника
бакалавр
Форма обучения
Очная

2024

Рабочая программа дисциплины (модуля) «**Атомно-зондовая томография наноматериалов и наноструктур**» /сост. А.А.Канаметов– Нальчик: КБГУ, 2024 г. 18 с.

Рабочая программа предназначена для студентов *очной* формы обучения по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, в 8 семестре, 4 курса.

Рабочая программа составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г за № 927

Содержание

Содержание	3
.....	
1. Цели и задачи дисциплины (модуля).....	4
2. Место дисциплины(модуля) в структуре ОПОП ВО.....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины(модуля).....	4
4. Содержание и структура дисциплины(модуля).....	5
4.1. Содержание разделов дисциплины(модуля).....	5
4.2. Структура дисциплины(модуля).....	6
4.3. Лекционные занятия.....	7
4.4. Лабораторные занятия.....	7
4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины(модуля).....	8
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	8
5.1. Задания для текущего контроля.....	9
5.2. Промежуточная аттестация.....	13
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	16
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля).....	18
7.1. Основная литература.....	18
7.2. Дополнительная литература.....	18

7.3.	Периодические издания.....	19
7.4.	Интернет-ресурсы.....	19
7.5.	Методические указания по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студента.....	20
8.	Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля).....	23
	Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины(модуля).....	24

1. Цель и задачи дисциплины (модуля)

Цель дисциплины: освоение студентами комплекса теоретических и практических знаний, позволяющих им свободно ориентироваться в современной атомно-зондовой и атомно-пучковой томографии и наномодификации, необходимых для научных исследований и производства устройств микро- и нанoeлектроники.

Задачи: формирование навыков моделирования физических процессов при воздействии сильных электрических полей и лазерного излучения на иглы-образцы изготовленные из материалов микро- и нанoeлектроники, а так же навыков анализа результатов такого воздействия.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина включена в вариативную часть дисциплин по выбору Б1.В.ДВ.09.01 учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиль: Современные информационные технологии в электронной технике.

Изучение дисциплины «Атомно-зондовая томография наноматериалов и наноструктур» базируется на понятия и методы, развиваемые в следующих дисциплинах: «Механика» - законы движения Ньютона, законы сохранения, общая теория гармонического осциллятора; «Электричество и магнетизм» - проводящие и непроводящие материалы во внешнем электрическом поле, статические диэлектрическая и магнитная проницаемость и восприимчивость; «Атомная и ядерная физика» – свойства волн и микрочастиц, уравнение Шредингера, движение электрона в сферически симметричном поле, изменения атомных уровней под действием внешнего электрического поля, теория рассеяния частиц на мишенях, физические эффекты при бомбардировке поверхности материалов пучками нейтральных и ионизированных частиц; «Физика конденсированного состояния» – симметрия кристаллов, дефекты кристаллической решетки; «Физические основы электроники» - квантовые оптические генераторы, пико- и фемтосекундные лазеры, автоионная и полевая эмиссия с поверхности твердого тела.

Освоение данной дисциплины, в свою очередь, необходимо для успешного освоения программы практик и научно-исследовательских работ, предусмотренных учебным планом.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

ПКС-2 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

ПКС-Б.2.1. Способен применять основные экспериментальные методы в области электроники и нанoeлектроники

ПКС-Б.2.2. Способен проводить исследования характеристик электронных приборов

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- физические эффекты, возникающие при воздействии сильных электрических полей и лазерного излучения на проводниковые, полупроводниковые, диэлектрические и магнитные материалы, а так же физические основы масс-спектрометрии;

Уметь:

-делать обоснованный выбор методик и режимов проведения измерений химического состава, распределения примеси и трехмерной структуры материалов электронной техники методами атомно-зондовой томографии с учётом свойств, эксплуатационных характеристик и влияния внешних факторов на исследуемые материалы;

Владеть:

- информацией о современных приложениях атомно-зондовой томографии в изучении материалов электронной техники, методах, технологии и особенностях проведения измерений свойств материалов микро- и нанoeлектроники.

-навыками экспериментального определения параметров материалов электронной техники, а так же навыками компьютерной обработки результатов измерений

Приобрести опыт деятельности:

- в интерпретации и компьютерной обработки результатов измерений на атомно-зондовом томографе

4. Содержание и структура дисциплины (модуля)**4.1. Содержание разделов дисциплины (модуля)**

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т).

Таблица 1

№	Наименование раздела	Содержание раздела (формируемые компетенции)	Форма текущего контроля
1	Физические основы атомно-зондовой томографии	<p>История метода АЗТ . Метод полевой ионной эмиссии. Первое изображение атомарной структуры проводящих острий.</p> <p>Физические основы АЗТ (ПК-2). Десорбция атомов (ионов) полем. Условия возникновения и реализации. Испарение полем. Влияние сильных электрических полей на состояние приповерхностной области твердых тел. Испарение атомов импульсным электромагнитным воздействием. Ограничения метода. Испарение атомов импульсным лазерным излучением. Преимущества и недостатки лазерного испарения.</p> <p>Принцип действия и конструкция АЗТ (ПК-2). Принцип действия и конструкция проекционного микроскопа. Принцип действия и конструкция времяпролетного масс-спектрометра. Принцип действия и устройство системы детектирования ионов в АЗТ. Вакуумная подсистема АЗТ. Подсистема компенсации энергии запаздывающих ионов и улучшения разрешения по массе. Криогенная подсистема. Определение химического состава эмитированных ионов. Программные методы реконструкции трехмерной структуры образца.</p>	(К), (РК), (Т), (ЛР)

		Методы изготовления образцов и требования к ним (ПК-2). Методы изготовления игл из образцов. Требования к форме образцов-игл. Процессы электрополировки и импульсной полировки образцов при изготовлении игл-образцов. Контроль качества игл-образцов методами просвечивающей электронной микроскопии.	
2	Области применения и возможности АЗТ	<p>Применения АЗТ в тяжелой промышленности (ПК-2). Качественный и количественный анализ конструкционных материалов тяжелой промышленности методом АЗТ. Атомно-масштабное исследование радиационных эффектов в сплавах и конструкционных материалах ядерной энергетики. Анализ химического состава металлов и сплавов методом атомно-зондовой томографии.</p> <p>Применения АЗТ для нужд микро- и нанoeлектроники (ПК-2). Анализ химического состава и анализ структуры полупроводников методом атомно-зондовой томографии. Применения АЗТ для контроля параметров ионно-легированных материалов.</p> <p>Возможности атомно-зондовой томографии для химического анализа диэлектрических пленок.</p> <p>Применения АЗТ для исследования органических и биологических материалов. Исследование синтетических полимеров методами АЗТ</p> <p>Преимущества и недостатки АЗТ (ПК-2). Отечественные разработки в области АЗТ. Статус и перспективы зарубежных систем атомно-зондовой томографии.</p>	(К), (РК), (Т), (ЛР)

4.2. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы (180 часа)

Таблица 2

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	8 семестр	Всего
Общая трудоемкость (в часах)	180	180
Контактная работа (в часах):	44	44
<i>Лекции (Л)</i>	22	22
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	22	22
Самостоятельная работа (в часах):	109	109
Самостоятельное изучение разделов		
Вид промежуточной аттестации		Зачет

4.3. Лекционные занятия

Таблица 3

№ раздела	Тема
1	История метода АЗТ. Метод полевой ионной эмиссии.
1	Физические основы АЗТ. Десорбция атомов (ионов) полем. Испарение атомов импульсным электромагнитным воздействием. Испарение атомов импульсным лазерным излучением.
1	Принцип действия и конструкция АЗТ. Принцип действия и конструкция проекционного микроскопа.
1	Принцип действия и конструкция АЗТ. Принцип действия и конструкция времяпролетного масс-спектрометра.
1	Программные методы реконструкции трехмерной структуры образца.
1	Методы изготовления образцов и требования к ним. Контроль качества игл-образцов методами просвечивающей электронной микроскопии.
2	Применения АЗТ в тяжелой промышленности. Реконструкция трехмерного распределения химических элементов в исследуемом образце.
2	Применения АЗТ в тяжелой промышленности. Качественный и количественный анализ конструкционных материалов тяжелой промышленности методом АЗТ.
2	Применения АЗТ для нужд микро- и нанoeлектроники. Реконструкция трехмерного распределения химических элементов в исследуемом образце.
2	Применения АЗТ для нужд микро- и нанoeлектроники. Качественный и количественный анализ полупроводниковых структур и композиционных материалов.
2	Применения АЗТ для анализа диэлектрических пленок.
2	Применения АЗТ для исследования органических и биологических материалов. Исследование синтетических полимеров методами АЗТ
2	Преимущества и недостатки АЗТ. Отечественные разработки в области АЗТ. Статус и перспективы зарубежных систем атомно-зондовой томографии.

4.4. Лабораторные работы

Таблица 4

№ ЛР	Тема
1	Восстановление исходной трехмерной структуры железа методом АЗТ
2	Моделирование процесса активационного испарения атомов иглы-образца импульсным электрическим полем.
3	Расчет траектории ионов в поле рефрактора АЗТ
4	Моделирование процесса электрополировки при изготовлении игл-образцов для АЗТ.

4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	Полевой ионный микроскоп
1	Влияние сильных электрических полей на состояние приповерхностной области твердых тел.
1	Испарение полем. Преимущества и недостатки.
1	Вакуумная подсистема АЗТ.
1	Подсистема компенсации энергии запаздывающих ионов и улучшения разрешения по массе.
1	Криогенная подсистема АЗТ.
1	Подготовка образцов-игл в АЗТ. Требования к форме образцов-игл.
1	Процессы электрополировки и импульсной полировки образцов при изготовлении игл-образцов.
1	Контроль качества игл-образцов методами просвечивающей электронной микроскопии.
2	Атомно-масштабное исследование радиационных эффектов в сплавах и конструкционных материалах ядерной энергетики.
2	Анализ химического состава металлов и сплавов методом атомно-зондовой томографии.
2	Анализ химического состава и анализ структуры полупроводников методом атомно-зондовой томографии.
2	Применения АЗТ для контроля параметров ионно-легированных материалов.
2	Исследование методом АЗТ биологических объектов
2	Исследование методом АЗТ конструкционных материалов авиапромышленности, в строительстве и в кораблестроении.
2	Применения АЗТ для исследования пьезоэлектрических материалов
2	Атомно-зондовый томограф компании CAMECA
2	Атомно-зондовый томограф НИИЦ «Курчатовский институт» ИТЭФ с лазерным испарением ПАЗЛ-3D

5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Текущий и рубежный контроль освоения студентом дисциплины, а так же промежуточная аттестация осуществляется в рамках балльно-рейтинговой системы. В соответствии с действующим Положением о балльно-рейтинговой системе оценка успеваемости студентов КБГУ используется следующая шкала дифференцирования баллов по пятибалльной системе:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если набрано 91 – 100 баллов;

- оценка «хорошо» выставляется, если набрано 81 – 90 баллов
- оценка «удовлетворительно» выставляется, если набрано 61 – 80 баллов;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если набрано 36-60 баллов.

Распределение баллов по контрольным точкам в соответствии с действующим Положением о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости студентов КБГУ приведено в таблице 7:

Таблица 6

№ рейтинг. точки	Коллоквиум	Лабораторн. занятия	Посещаемость	Тестирование	Итого
1	10	5	3	5	23
2	10	5	3	5	23
3	10	5	4	5	24

5.1. Задания для текущего контроля

Коллоквиум проводится в соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова (<https://kbsu.ru/>). Примерный перечень вопросов на коллоквиум по темам дисциплины (модуля) состоит из следующих пунктов:

Коллоквиум 1 (проверяемые компетенции: ПК-2)

1. История метода АЗТ.
2. Метод полевой ионной эмиссии.
3. Десорбция атомов (ионов) полем.
4. Принцип работы полевого ионного микроскопа.
5. Принцип работы масс-спектрометра
6. Преимущества и недостатки узкоапертурного атомного зонда.
7. Изображающий атомный зонд.
8. Преимущества и недостатки времяпролетного масс-спектрометра.
9. Преимущества и недостатки магнитного масс-спектрометра.
10. Активация испарения атомов (ионов) высоковольтными импульсами. Преимущества и недостатки.
11. Активация испарения атомов (ионов) лазерными фемтосекундными импульсами.
12. Преимущества и недостатки.
13. Программные методы восстановления трехмерного распределения химических элементов в образце.
14. Система детектирования ионов поверхности.
15. Функция и назначение рефрактора.
16. Принцип действия и конструкция АЗТ.

Коллоквиум 2 (проверяемые компетенции: ПК-2)

1. Вакуумная подсистема АЗТ.
2. Подсистема компенсации энергии запаздывающих ионов и улучшения разрешения по массе.
3. Криогенная подсистема.
4. Методика определения химического состава эмитированных ионов.
5. Методы изготовления игл из образцов.

6. Требования к форме образцов-игл.
7. Процессы электрополировки и импульсной полировки образцов при изготовлении игл.
8. Контроль качества игл-образцов методами просвечивающей электронной микроскопии.
9. Применения АЗТ в тяжелой промышленности.
10. Анализ конструкционных материалов тяжелой промышленности методом АЗТ.
11. Атомно-масштабное исследование материалов ядерной энергетики.
12. Анализ сплавов методом атомно-зондовой томографии.
13. Применения АЗТ для нужд микро- и нанoeлектроники.
14. Применения АЗТ для контроля параметров ионно-легированных материалов.
15. Возможности АЗТ для анализа диэлектрических пленок.
16. Возможности АЗТ для анализа ферроэлектрических пленок.
17. Возможности АЗТ для анализа пьезоэлектрических пленок.
18. Анализ мультислойных наноструктур на основе кремния и германия методом АЗТ
19. Анализ оптоэлектронных наноструктур методом АЗТ
20. Анализ методом АЗТ светоизлучающих элементов готовых коммерческих изделий

Коллоквиум 3 (проверяемые компетенции: ПК-2)

1. Анализ методом АЗТ фотоэлементов.
2. Анализ методом АЗТ транзисторных структур и диодов.
3. Анализ методом АЗТ субструктур микропроцессоров.
4. Применения АЗТ для исследования органических материалов.
5. Исследование синтетических полимеров методами АЗТ
6. Применения АЗТ для исследования биологических материалов.
7. Преимущества и недостатки АЗТ.
8. Отечественные разработки в области АЗТ.
9. Зарубежные разработки в области АЗТ.
10. Статус и перспективы атомно-зондовой томографии.
11. Применения атомно-зондовой томографии для проводящих материалов
12. Применения атомно-зондовой томографии для полупроводников
13. Применения атомно-зондовой томографии для диэлектриков. Особенности и условия применения.
14. Применения атомно-зондовой томографии для биологических объектов. Особенности и условия применения.
15. Применения атомно-зондовой томографии для синтетических полимеров. Особенности и условия применения.
16. Атомно-зондовый томограф компании CAMECA
17. Атомно-зондовый томограф НИИЦ «Курчатовский институт» ИТЭФ с лазерным испарением ПАЗЛ-3D

Методические рекомендации к подготовке к коллоквиуму

Подготовка к коллоквиуму проводится студентом самостоятельно по материалам лекций и лабораторных занятий. В качестве главного источника информации используется основная литература и материалы лекций. Коллоквиум представляет собой устный опрос с возможностью предварительной подготовкой и включает в себя два теоретических вопроса. Основная цель коллоквиума – выявить уровень владения теоретическим материалом, основными, базовыми концепциями дисциплины.

Критерии оценивания коллоквиума

Коллоквиум представляет собой устный опрос по темам, пройденным в течение промежутка времени от последнего проведенного коллоквиума до текущей даты. При этом проверяются следующие показатели:

- ясность, четкость и доказательность изложения ответов на вопросы;
- владение специальными терминами, понятиями и принципами;
- системность знаний, умений и навыков по тематике

По трем контрольным точкам (трем коллоквиумам в течение семестра) студент может получить 0-30 баллов. По итогам устного опроса на текущем коллоквиуме студенту выставляется:

9-10 баллов, если владеет в полном объеме программным материалом, вынесенным на коллоквиум, достаточно глубоко осмысливает тему (раздел), ясно и исчерпывающе отвечает на все вопросы, выделяет при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивает, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать программный материал, четко формулирует ответы;

7-8 баллов, если владеет учебным материалом, вынесенным на коллоквиум почти в полном объеме (имеются пробелы в знаниях только в некоторых, особенно сложных вопросах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы; не всегда выделяет наиболее существенное, не допускает серьезных ошибок в ответах.

5–6 баллов, если владеет основным объемом знаний по темам коллоквиума, проявляет затруднения в самостоятельных ответах, допускает неточные формулировки, в процессе ответа допускает ошибки по существу вопроса.

1-4 баллов, если не освоил обязательный минимум знаний предмета, не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах.

Тесты проводятся в соответствии с положением об балльно-рейтинговой системе аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова (<https://kbsu.ru/>). Полный перечень тестов приводится в банке тестовых заданий КБГУ (проверяемые компетенции: ОК-7, ПК-8). Образцы вариантов заданий:

Методические рекомендации к прохождению компьютерного тестирования

Компьютерное тестирование проводится строго по заранее составленному расписанию в рамках текущего контроля. Студент должен предварительно ознакомиться с системой тестирования и освоить простейшие навыки работы с ней. Тестовые задания включают теоретические вопросы с вариантами ответов или задания на простейшие вычисления. Время на работу в системе тестирования ограничено и предполагает предварительную самостоятельную проработку вопросов, выносимых на тесты, во внеучебное время.

Критерии оценивания тестовых заданий

По результатам каждого тестирования студент может получить до 5 баллов (всего 15 баллов в течение семестра). По итогам тестирования студенту выставляются:

5 баллов, если студент правильно ответил на 86 - 100% тестовых заданий;

4 балла, если студент правильно ответил на 71 - 85% тестовых заданий;

3 балла, если студент правильно ответил на 51 - 70% тестовых заданий;

0 баллов, если студент правильно ответил на 0 - 50% тестовых заданий.

Задания лабораторных занятий

Пример лабораторного занятия: Восстановление исходной трехмерной структуры железа методом АЗТ.

Цель работы: Убедиться в принципиальной возможности восстановления исходного положения атомов (ионов) образца при известных параметрах внешнего поля и системы ионизации и детектирования атомно-зондового томографа.

Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ

Лабораторный практикум является основным элементом обучения в рамках данного спецкурса, т.к. прививает навыки практической и самостоятельной работы на различном лабораторном оборудовании и умение пользоваться различными приборами и инструментами. Выполнение каждой лабораторной работы складывается из следующих этапов.

1. Самостоятельная подготовка студентов к работе. Перед началом работы студенты должны четко представлять себе цель работы, знать схему, метод измерения, физическую сущность ожидаемых результатов. Должен быть подготовлен протокол измерений, содержащий таблицы для записи результатов измерений и основные расчетные формулы. Студенты, не подготовившиеся к работе в соответствии с этими требованиями, к выполнению работы не допускаются.

2. Проведение вычислительного эксперимента. Этот этап осуществляется в соответствии с методическими указаниями, которые содержатся в описании к каждой работе. Вычисления студент может начать только после собеседования с преподавателем и получения допуска к выполнению работы. Любые изменения в структуре программы проводятся под контролем преподавателя. Результаты вычислений проверяются преподавателем.

3. Составление отчета о проделанной работе. К отчету о выполненной работе предъявляются следующие требования:

3.1. Отчет должен содержать исчерпывающие данные, как о цели работы, так и о результатах в следующей последовательности:

- а) Задание
- б) Схема установки и описание методики измерений
- в) Первичные результаты за подписью преподавателя
- г) Результаты обработки вычисленных данных, включая графики, таблицы.
- д) Общие выводы о работе и заключение.

3.2. Текст отчета должен быть написан аккуратно и разборчиво от руки или представлен в виде распечатки, после компьютерной верстки. В обоих случаях текст должен представлять собой логическое изложение существа вопроса. Недопустимо приведение формул, таблиц без разъяснений всех обозначений и сокращений. Отчет должен быть понятен для каждого читающего без каких-либо дополнительных вопросов к составителю отчета.

3.3. Полученные зависимости должны сопровождаться теоретическим обоснованным объяснением причин влияющих на их ход, для чего в процессе составления отчета студент обязан по литературным источникам ознакомиться с материалом, который был объектом его исследования в лаборатории. Без такого ознакомления студент не будет в состоянии дать правильный анализ процессов, происходящих в материале при эксперименте.

4. Защита лабораторной работы с представлением отчета. При сдаче отчета студенты должны показать понимание сущности физических явлений в исследованных материалах, объяснить полученные результаты и сделать выводы. При работе в лаборатории необходимо строго выполнять все правила техники безопасности и указания преподавателя.

Критерии оценивания лабораторных работ

Практическая часть контактной работы со студентом, реализованная в виде лабораторных занятий предполагает выполнение всего перечня лабораторных работ, запланированных в рабочей программе дисциплины. По результатам одной контрольной точки студент может получить до 5 баллов (всего 15 баллов за семестр). При выставлении баллов за лабораторное занятия оценивается следующее:

- понимание цели и задач работы
- знание теоретических основ метода измерения и принципов работы установки
- правильность проведения измерений и корректность процедуры обработки результатов
- наличие правильно оформленного отчета по лабораторной работе с самостоятельно сформулированными выводами по результатам лабораторной работы
- правильный и исчерпывающий устный ответ на контрольные вопросы к лабораторным работам

5.2. Промежуточная аттестация

Изучение дисциплины «Атомно-зондовая томография наноматериалов и наноструктур» заканчивается зачетом.

Зачет (проверяемые компетенции: ПК-2). Примерный перечень вопросов:

1. История метода АЗТ.
2. Метод полевой ионной эмиссии.
3. Десорбция атомов (ионов) полем.
4. Принцип работы полевого ионного микроскопа.
5. Принцип работы масс-спектрометра
6. Преимущества и недостатки узкоапертурного атомного зонда.
7. Изображающий атомный зонд.
8. Преимущества и недостатки времяпролетного масс-спектрометра.
9. Преимущества и недостатки магнитного масс-спектрометра.
10. Активация испарения атомов (ионов) высоковольтными импульсами. Преимущества и недостатки.
11. Активация испарения атомов (ионов) лазерными фемтосекундными импульсами.
12. Преимущества и недостатки.
13. Программные методы восстановления трехмерного распределения химических элементов в образце.
14. Система детектирования ионов поверхности.
15. Функция и назначение рефрактора.
16. Принцип действия и конструкция АЗТ.
17. Вакуумная подсистема АЗТ.
18. Подсистема компенсации энергии запаздывающих ионов и улучшения разрешения по массе.
19. Криогенная подсистема.
20. Методика определения химического состава эмитированных ионов.

21. Методы изготовления игл из образцов.
22. Требования к форме образцов-игл.
23. Процессы электрополировки и импульсной полировки образцов при изготовлении игл.
24. Контроль качества игл-образцов методами просвечивающей электронной микроскопии.
25. Применения АЗТ в тяжелой промышленности.
26. Анализ конструкционных материалов тяжелой промышленности методом АЗТ.
27. Атомно-масштабное исследование материалов ядерной энергетики.
28. Анализ сплавов методом атомно-зондовой томографии.
29. Применения АЗТ для нужд микро- и нанoeлектроники.
30. Применения АЗТ для контроля параметров ионно-легированных материалов.
31. Возможности АЗТ для анализа диэлектрических пленок.
32. Возможности АЗТ для анализа ферроэлектрических пленок.
33. Возможности АЗТ для анализа пьезоэлектрических пленок.
34. Анализ мультислойных наноструктур на основе кремния и германия методом АЗТ
35. Анализ оптоэлектронных наноструктур методом АЗТ
36. Анализ методом АЗТ светоизлучающих элементов готовых коммерческих изделий
37. Анализ методом АЗТ фотоэлементов.
38. Анализ методом АЗТ транзисторных структур и диодов.
39. Анализ методом АЗТ субструктур микропроцессоров.
40. Применения АЗТ для исследования органических материалов.
41. Исследование синтетических полимеров методами АЗТ
42. Применения АЗТ для исследования биологических материалов.
43. Преимущества и недостатки АЗТ.
44. Отечественные разработки в области АЗТ.
45. Зарубежные разработки в области АЗТ.
46. Статус и перспективы атомно-зондовой томографии.
47. Применения атомно-зондовой томографии для проводящих материалов
48. Применения атомно-зондовой томографии для полупроводников
49. Применения атомно-зондовой томографии для диэлектриков. Особенности и условия применения.
50. Применения атомно-зондовой томографии для биологических объектов. Особенности и условия применения.
51. Применения атомно-зондовой томографии для синтетических полимеров. Особенности и условия применения.
52. Атомно-зондовый томограф компании CAMECA

Методические рекомендации по подготовке и процедуре осуществления контроля выполнения

В соответствии балльно-рейтинговой системой аттестации студентов, которая действует в КБГУ оценка успешности освоения программ по дисциплинам осуществляется в ходе текущего (в том числе рубежного) контроля, а также промежуточной (сессионной) аттестации. В ходе текущей аттестации (выполнение индивидуальных контрольных заданий, тестирование, коллоквиумы и др.) проводится контроль усвоения программного материала по темам, разделам и совокупности вопросов по дисциплине. Во время такой аттестации преподаватель оценивает в какой мере обучающийся изучил запланированную к проверке часть программы по дисциплине и насколько детально знает постановку задачи

(вопроса), намеченный план решения этой задачи, вывод основных соотношений (формул, уравнений) и может проводить их анализ.

На зачете проверяется сформированность знаний интегрального характера по дисциплине в целом, включая весь теоретический материал, вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение, и практические знания, полученные в ходе практических и лабораторных занятий. В этой связи, студенту рекомендуется заранее ознакомиться с перечнем вопросов к зачету (не менее чем за две недели до его проведения) и посетить все консультационные мероприятия, в соответствии с учебным расписанием. Подготовка обучающегося к зачету включает три этапа:

- самостоятельная работа в течение семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие зачету по темам курса;
- подготовка к ответу на вопросы во время зачета.

При подготовке обучающимся целесообразно использовать материалы лекций, учебно-методические комплексы, нормативные документы, основную и дополнительную литературу.

На зачет выносятся материал в объеме, предусмотренном рабочей программой учебной дисциплины за семестр. Зачет проводится в устной форме.

Перед проведением аттестации ведущий преподаватель составляет билеты. Формулировка теоретических вопросов в билетах совпадает с формулировкой перечня вопросов, доведенных до сведения обучающихся накануне аттестации. Содержание вопросов одного билета относится к различным разделам программы с тем, чтобы более полно охватить материал учебной дисциплины.

В аудитории, где проводится устный опрос, должно одновременно находиться не более шести студентов на одного преподавателя, принимающего зачет. На подготовку ответа на билет на отводится 40 минут.

Основой для определения оценки служит уровень усвоения обучающимися материала, предусмотренного данной рабочей программой. К зачету допускаются студенты, набравшие 36 и более баллов по итогам текущего контроля. Студент, набравший более 61 балла в ходе текущего контроля, считается аттестованным без прохождения процедуры аттестации (без сдачи зачета). В противном случае (если количество набранных баллов по результатам текущего контроля находится между 36 и 61) студент обязан пройти процедуру аттестации. При этом:

«Зачтено» выставляется обучающемуся, продемонстрировавшему полное, всестороннее, осознанное правильное знание программного материала и изложившему ответ логично, грамотно, убедительно, готового к дальнейшему профессиональному совершенствованию. При ответе обучающийся может допустить некоторые неточности, негрубые ошибки, затрудняться в самостоятельном изложении материала, но правильно отвечать на задаваемые ему вопросы, в результате наводящих вопросов с помощью преподавателя исправлять допущенные ошибки и неточности.

«Не зачтено» может быть выставлено обучающемуся, обнаружившему неполное, неосознанное знание учебно-программного материала, допускающему грубые ошибки, неспособному самостоятельно изложить ответ на вопрос, отвечающему неправильно или не дающему ответ на заданные вопросы. Демонстрируемый уровень знаний не может быть признан достаточным для профессиональной деятельности.

6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний,

умений, навыков и (или) опыта деятельности

Формы контроля текущих, рубежных и промежуточных знаний студентов по дисциплине определяются в соответствии с учебным планом образовательной программы и в соответствии с действующим Положением о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости студентов КБГУ.

От обучающихся требуется посещение занятий, выполнение лабораторных работ, знакомство с рекомендованной литературой.

При аттестации обучающихся оценивается качество работы на занятиях (умение вести дискуссию, способность четко и ёмко формулировать свои мысли), уровень подготовки к самостоятельной деятельности, качество выполнения заданий (презентаций, докладов, выполнение лабораторных работ и др.).

Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Таблица 8

Компет	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид оценочного материала
Профессиональные	ПКС-2 Способен проводить текущий ремонт и приемку после ремонта радиоэлектронной аппаратуры	Знать: физические эффекты, возникающие при воздействии сильных электрических полей и лазерного излучения на проводниковые, полупроводниковые, диэлектрические и магнитные материалы, а так же физические основы масс-спектрометрии; Уметь: делать обоснованный выбор методик и режимов проведения измерений химического состава, распределения примеси и трехмерной структуры материалов электронной техники методами атомно-зондовой томографии с учётом свойств, эксплуатационных характеристик и влияния внешних факторов на исследуемые материалы; Владеть: информацией о современных приложениях атомно-зондовой томографии в изучении материалов электронной техники, методах, технологии и особенностях проведения измерений свойств материалов микро- и наноэлектроники; навыками экспериментального определения параметров материалов электронной техники, а так же навыками компьютерной обработки результатов измерений	Вопросы к коллоквиуму, банк тестовых заданий, отчеты о выполнении лабораторных работ и контрольные вопросы к ним, вопросы к зачету

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

7.1. Основная литература

1. Мюллер Э.В., Цонг Т.Т. // Полевая ионная микроскопия, полевая ионизация и полевое испарение. М., Наука. 1980. 220 с.
2. Смит Г., Миллер М. Зондовый анализ в автоионной микроскопии. М.: Мир, 1993. 301 с
3. Мюллер Э., Цонг Т., Автоионная микроскопия, пер. с англ., М., 1972;
4. Суворов А. Л. Структура и свойства поверхностных атомных слоев металлов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 296 с.
3. С. В. Рогожкин, А. А. Алеев, А. А. Лукьянчук, А. С. Шутов, О. А. Разницын, С.Е. Кириллов. Приборы и Техника Эксперимента. 2017, 3, 129-134.
4. О.А. Разницын, А. А. Лукьянчук, А.С. Шутов, С. В. Рогожкин, А. А. Алеев. Масс-спектрометрия, 2017, 14, 33 – 39.

7.2. Дополнительная литература

1. Зандберг Э. Я., Ионов Н. И., Поверхностная ионизация, М., 1969;
2. Величко А.А., Филимонова Н.И.— Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Часть II. Учебное пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.— 227 с.— ЭБС «IPRbooks»
3. Oberdorfer C. Numeric simulation of Atom Probe Tomography. Westfalische Wilhelms-Universitat Munster, 2014, 186 с.
4. David J. Larson, Ty J. Prosa and others. Local electrode atom probe tomography. New York, Springer, 2013, 318 с.
5. Суворов А.Л. Автоионная микроскопия радиационных дефектов в металлах. // М.: Энергоиздат. 1982. – 167 с
6. Суворов А.Л. Соколов А.Г. Моделирование автоионных изображений с помощью ЭВМ. Идеальные кристаллы. // Структура и свойства монокристаллов тугоплавких металлов. М.: Наука, 1973. с. 74-85.
7. B. Gault et al. Atom Probe Microscopy. Springer Series in Materials Science, 2012, V. 160, 396 p.
8. Справочно-информационная система «Консультант-плюс»
9. Справочно-информационная система «Гарант»

В том числе современные профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование электронного ресурса	Краткая характеристика	Адрес сайта	Условия доступа
1	ЭБД РГБ	Электронные версии 885898 полных текстов диссертаций и авторефератов из фонда Российской государственной библиотеки	http://www.dis.s.rsl.ru	Авторизованный доступ из библиотеки (к. 112-113)

2	«Web of Science» (WOS)	Авторитетная политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных, в которой индексируются около 12,5 тыс. журналов	http://www.isiknowledge.com/	Доступ по IP-адресам КБГУ
3	Sciverse Scopus издательства «Эльзевир. Наука и технологии»	Реферативная и аналитическая база данных, содержащая 21.000 рецензируемых журналов; 100.000 книг; 370 книжный серий (продолжающихся изданий); 6,8 млн. докладов из трудов конференций	http://www.scopus.com	Доступ по IP-адресам КБГУ
4	Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)	Электронная библиотека научных публикаций - полнотекстовые версии около 4000 иностранных и 3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тысяч журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций. 2800 российских журналов на безвозмездной основе	http://elibrary.ru	Полный доступ
5	База данных Science Index (РИНЦ)	Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций российских авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских журналов.	http://elibrary.ru	Авторизованный доступ. Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях ученых КБГУ, имеющих в РИНЦ
6	Национальная электронная библиотека РГБ	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний	https://нэб.рф	Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ

7.3. Периодические издания

1. Нано- и микросистемная техника (журнал)
2. Журнал экспериментальной и технической физики (журнал)
3. Поверхность (журнал)
4. Физика и технология полупроводников (журнал)

7.4. Интернет-ресурсы

1. <http://www.atom-scale.itep.ru>
2. <http://www.cameca.com>
3. <http://www.atomprobe.com>
4. <http://www.frbr.ru> - материалы по нанотехнологиям
5. <http://www.en.edu.ru/catalogue/> - образовательный портал
6. <http://techlibrary.ru/> - техническая библиотека

7.5. Методические указания по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студента.

Методические рекомендации к чтению лекций.

Методические рекомендации общего характера по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студентов достаточно хорошо разработаны многими отечественными и зарубежными авторами, в том числе с учетом компетентностного подхода при организации образовательного процесса, основанного на деятельностной модели подготовки выпускника вуза. Характерной особенностью реализации деятельностной парадигмы образования является уменьшение трудоемкости аудиторной работы и соответствующее повышение трудоемкости самостоятельной работы. Рабочий учебный план для бакалавров по направлению подготовки «Электроника и нанoeлектроника» в КБГУ, предусматривает объем контактной работы примерно 47% от общей трудоемкости дисциплинарной подготовки. В таких условиях имеет место повышение роли, значимости и объемов самостоятельной работы студентов, при изучении данной дисциплины. В то же время учебная (контактная) работа, по-прежнему, должна, безусловно, выполнять системообразующую роль, обеспечивая регулярность и целевую направленность образовательной деятельности по данной дисциплине.

Основными формами организации учебных (аудиторных) занятий по дисциплине являются лекции и лабораторные занятия.

При подготовке лекционных занятий преподаватель должен определить цели и задачи лекции, разработать план проведения лекции, осуществить подбор литературы (ознакомление с периодическими изданиями по теме лекций), отбор необходимого и достаточного по содержанию учебного материала. Лектор определяет методы, приемы и средства поддержания интереса, внимания, стимулирования творческого мышления студентов.

Лекция должна включать в качестве этапов формулировку темы лекций, перечень вопросов, изложение вводной части, основной части, краткие выводы по каждому рассмотренному вопросу и рекомендации литературных источников по излагаемым вопросам. Если очередное занятие является продолжением предыдущей лекции, целесообразно кратко сформулировать полученные ранее результаты, необходимые для понимания и усвоения изучаемых вопросов. В заключительной части лекции желательно обобщить наиболее важные и существенные моменты лекции, сделать выводы, а также сформулировать задачи для самостоятельной работы студентов и указать рекомендуемую литературу. Целесообразно также выделить время для ответа на вопросы студентам и возможную дискуссию по изложенному материалу на лекции.

Содержание лекции по данной дисциплине должно соответствовать дидактическим принципам, которые обеспечивают соответствие излагаемого материала научно-методическим основам педагогической деятельности. Основными из них являются целостность, научность, доступность, систематичность и наглядность.

Эффективность лекции может быть повышена за счет рационального использования технических средств. Комплекты технических средств необходимо готовить к каждой лекции заблаговременно, не перегружая ими аудиторию.

Существует классификация лекций по типам и методам их проведения (вводная, установочная, программная, обзорная, итоговая и др.). При изложении программного материала по данной дисциплине на лекциях рекомендуется широкое использование

средств информационно-коммуникационных технологии (ИКТ) и аудио-видеотехники. Подготовка видео – лекции состоит в перекодировании, переконструировании учебной информации по теме в визуальную форму для предъявления студентам через технические средства обучения или схемы, рисунки, чертежи.

Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий.

Лабораторные занятия должны обеспечивать формирование, прежде всего, компонентов «уметь» и «владеть» заданных дисциплинарных компетенций. Лабораторные занятия по дисциплине должны быть ориентированы, как правило, на решение практических задач, в будущей профессиональной деятельности с использованием средств, методов, методик, подходов, алгоритмов и моделей, изложенных на лекциях и вынесенных на самостоятельную работу.

Одной из главных целей лабораторных занятий является углубление, закрепление и наиболее полное усвоение того материала, который был освещен на лекции или задан для самостоятельного изучения.

Успех лабораторных занятий по дисциплине зависит от качества подготовки к нему преподавателя и студентов. На лабораторных занятиях преподаватель должен создавать творческую, рабочую атмосферу в лаборатории, направленную на стимулирование практической деятельности, а так же поисковой, исследовательской и аналитической деятельности по тематике занятий. Необходимо развивать и поощрять самостоятельность обучающихся в формировании выводов, следующих из результатов измерений и их обработки, добиваться их внимательного и критического отношения к полученным результатам.

Одним из показателей хорошей организации лабораторных занятий является активная работа студентов. При этом очень важен подлинно научный анализ результатов практических работ, связанных с областью и видами профессиональной деятельности выпускников по направлению подготовки «Электроника и нанoeлектроника»

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающихся - способ активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний и умений без непосредственного участия в этом процесса преподавателей. Повышение роли самостоятельной работы обучающихся при проведении различных видов учебных занятий предполагает:

- оптимизацию методов обучения, внедрение в учебный процесс новых технологий обучения, повышающих производительность труда преподавателя, активное использование информационных технологий, позволяющих обучающемуся в удобное для него время осваивать учебный материал;
- широкое внедрение компьютеризированного тестирования;
- совершенствование методики проведения практик и научно-исследовательской работы обучающихся, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят обучающихся к самостоятельному выполнению профессиональных задач;
- модернизацию системы курсового и дипломного проектирования, которая должна повышать роль студента в подборе материала, поиске путей решения задач.

Самостоятельная работа приводит студента к получению нового знания, упорядочению и углублению имеющихся знаний, формированию у него профессиональных навыков и умений. Самостоятельная работа выполняет ряд функций:

- развивающую;
- информационно-обучающую;
- ориентирующую и стимулирующую;
- воспитывающую;
- исследовательскую.

В рамках курса выполняются следующие виды самостоятельной работы:

1. Проработка учебного материала по конспектам, учебной и научной литературе, методическим рекомендациям (для подготовки к лабораторным занятиям, тестам, коллоквиумам и промежуточной аттестации);
2. Регулярное самотестирование и самопроверка по вопросам на экзамен (зачет);
3. Самостоятельная поисково-исследовательская работа по изучаемой дисциплине с использованием любых видов источников информации (в том числе и новых информационных технологий).

Студентам рекомендуется с самого начала освоения курса работать с учебным материалом и вопросами к промежуточной аттестации в форме подготовки к очередному лабораторному занятию и коллоквиуму. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает на занятиях.

При освоении курса студент может пользоваться библиотекой вуза, которая в полной мере обеспечена соответствующей литературой. Значительную помощь в подготовке к очередному занятию может оказать краткий конспект лекций. Он же может использоваться и для закрепления нового материала. Самостоятельная работа студентов предусмотрена учебным планом и выполняется в обязательном порядке. По необходимости студент может обращаться за консультацией к преподавателю.

Для успешной организации самостоятельной работы все активнее применяются разнообразные образовательные ресурсы в сети Интернет: системы тестирования по различным областям, виртуальные лекции, лаборатории, при этом пользователю достаточно иметь компьютер и подключение к Интернету для того, чтобы связаться с преподавателем, решать вычислительные задачи и получать знания. Использование сетей усиливает роль самостоятельной работы студента и позволяет кардинальным образом изменить методику преподавания. Студент может получать все задания и методические указания через сервер, что дает ему возможность привести в соответствие личные возможности с необходимыми для выполнения работ трудозатратами. Студент имеет возможность выполнять работу дома или в аудитории.

Большое воспитательное и образовательное значение в самостоятельном учебном труде студента имеет самоконтроль. Самоконтроль возбуждает и поддерживает внимание и интерес, повышает активность памяти и мышления, позволяет студенту своевременно обнаружить и устранить допущенные ошибки и недостатки, объективно определить уровень своих знаний, практических умений.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекции по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной видеопроектором или интерактивной доской, а так же ноутбуком с возможностью выхода в сеть «Интернет».

Лабораторный практикум проводится в учебно-научной лаборатории № 212 сканирующей зондовой микроскопии, в которой размещены:

- Специализированный пакет для моделирования и численных расчетов Labview, Maple, Matlab
- Пакет прикладных программ Microsoft Office
- Свободно распространяемые пакеты программ: архиватор WinRAR, программа для работы с pdf-документами AdobeReader.

Студенты имеют доступ через сеть «Интернет» к единому образовательному portalу, где в открытом доступе размещена учебно-методическая литература, разработанная сотрудниками КБГУ и сотрудниками ведущих ВУЗов России.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается: 1) альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих; 2) присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; 3) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху - дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины
«Атомно-зондовая томография наноматериалов и наноструктур»
по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
на 202____ – 202____ учебный год

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры

электроники и цифровых информационных технологий,

протокол № _____ от « ____ » _____ 202____ г.

Заведующий кафедрой _____/Тешев Р.Ш. / _____