

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталеv В. А.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем

Образовательная программа: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль:
Нанотехнология

Курс: 4, семестр : 7

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	Вид деятельности	7
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	83
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	16
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	9
10	Самостоятельная работа, час.	61
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №177 от 06.03.2015 г. , дата утверждения: 31.03.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Величко А. А.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Гайслер В. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Гайслер В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.2 готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; в части следующих результатов обучения:
з10. Знать основы метрологии, основные методы и средства измерения физических величин
з12. Знать основные виды и свойства нанообъектов, наноматериалов, устройств и приборов на их основе, типовые технологические процессы их получения, элементную базу, а также типовое оборудование
у1. Уметь применять современные методы исследования для синтеза и анализа материалов и компонентов микро- и наносистемной техники
у10. Уметь применять методы анализа и обработки экспериментальных данных, систематизации научно-технической информации
у6. Владеть методами экспериментального исследования параметров и характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем</i>	
ПК.2.з10 Знать основы метрологии, основные методы и средства измерения физических величин	
1. предмет курса: современные физические модели электронных и ионных процессов в твердых телах, воздействие ионных и электронных пучков на поверхностные и объемные свойства твердых тел и наноструктур.	Практические занятия; Самостоятельная работа
2. выбирать методики измерения параметров материалов и наноструктур	Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
3. определять характеристики микро- и наноструктур на основе полученных экспериментальных данных.	Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
4. Знать основы метрологии, основные методы и средства измерения физических величин	Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.2.з12 Знать основные виды и свойства нанообъектов, наноматериалов, устройств и приборов на их основе, типовые технологические процессы их получения, элементную базу, а также типовое оборудование	
5. принципы работы измерительных приборов для исследования структурных электрофизических и оптических свойств твердых тел и наноструктур.	Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.2.у1 Уметь применять современные методы исследования для синтеза и анализа материалов и компонентов микро- и наносистемной техники	
6. Взаимосвязь структурных, оптических электрофизических параметров твердых тел.	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.2.у10 Уметь применять методы анализа и обработки экспериментальных данных, систематизации научно-технической информации	
7. Взаимосвязь структурных, оптических электрофизических параметров твердых тел.	Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.2.у6 Владеть методами экспериментального исследования параметров и характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	

8.оценивать достоверность результатов исследований	Практические занятия; Самостоятельная работа
9.Измерения параметров полупроводников методом атомно-силовой и туннельной микро-скопии,	Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Методы измерения электрофизических параметров				
1. :Контакты к полупроводниковым структурам.	0	2		
2. Двухзондовый и четырехзондовый метод измерения. Метод Ван-дер-Пау	0	2		
3. Методы определения кинетических параметров полупроводников: концентра-ции и подвижность (эффект Холла). Погрешности методов.	0	2		
Дидактическая единица: Оптические свойства полупроводников				
4. Механизмы поглощения света в п/п.	0	2		
5. Монохроматоры. источники и приемники излучения. Фурье спектрометр	0	4		
Дидактическая единица: Свойства чистых поверхностей п/п.				
6. Структура чистых поверхностей полупроводниковых кристаллов (сверх-структура) Поверхности (100) и (111) кремния	0	2		
7. . Дифракция медленных электронов (ДМЭ-LEED). Дифракция быстрых элек-тронов на отражение (ДБЭ-RHEED) Осцилляции центрального рефлекса.	0	2		
Дидактическая единица: Сканирующая зондовая микроскопия.				
8. Принципы зондовой микроскопии. Туннельная микроскопия.	0	2		
9. Атомно силовая микроскопия. Измерения магнитных и электрических полей. Основы Нанотрибологии.	0	4		
Дидактическая единица: Ионная спектрометрия				
10. Обратное резерфордское рассеяние	0	2		
11. Вторичная ионная спектроскопия. Каналирование.	0	2		
Дидактическая единица: Методы исследования морфологии и состава поверхности.				

12. . Фотоэлектронная спектроскопия. Рентгеновская . Ультрафиолетовая.	0	2	6	Фотоэлектронная спектроскопия
13. Растровая электронная микроскопия.	0	2		
14. Рентгеновский микроанализ	0	2		
Дидактическая единица: Просвечивающая электронная микроскопия.				
15. Просвечивающая электронная микроскопия. Принципы работы. Оборудование.	0	2		
16. Сетлопольное и темнопольное изображение ПЭМ. Подготовка образцов. Дифракционный контраст.	0	2		

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Оптические свойства полупроводников				
1. Исследование оптических свойств полупроводников методом Фурье спектроскопии.	4	4	2, 3, 4	Проведение самостоятельных экспериментальных исследований коэффициентов поглощения и отражения.
5.	0	0	2	
Дидактическая единица: Свойства чистых поверхностей п/п.				
2. Исследование дифракции быстрых электронов при росте полупроводниковых структур методом МЛЭ	4	4	2, 3, 6, 7	Проведение самостоятельных исследований анализ ДБЭ картины и получение осцилляций зеркального рефлекса.
Дидактическая единица: Методы исследования морфологии и состава поверхности.				
3. Исследование поверхности методом растровой электронной микроскопии.	2	4	2, 5	Исследование морфологии поверхности эпитаксиальных структур методом РЭМ.
4. Исследование состава образцов методом рентгеновского микроанализа.	0	6	2, 5	Анализ состава образца Сравнение с данными Фурье анализа.

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Методы измерения электрофизических параметров				
1. Методы определения кинетических параметров полупроводников: концентра-ции и подвижность (эффект Холла). Погрешности методов.	2	4	1, 5	Решение задач, оценка погрешностей методов.

5. Анализ структуры кристаллической решетки и типов дефектов по имеющимся изображениям ПЭМ.	0	2	3, 5, 8	Анализ и расчет параметров кристаллов по данным ПЭМ.
Дидактическая единица: Сканирующая зондовая микроскопия.				
2. Расчет параметров п/п по экспериментальным зависимостям туннельных токов	4	4	2, 3, 8, 9	Расчет плотности состояний и ВАХ п/п структур на основе методик зондовой микроскопии.
Дидактическая единица: Ионная спектроскопия				
3. Расчет атомного состава мишеней по спектрам Резерфордского рассеяния. Определение структурного совершенства п/п по данным каналирования.	0	4	1, 4, 5, 9	Умение определять параметры п/п по экспериментальным данным
Дидактическая единица: Методы исследования морфологии и состава поверхности.				
4. По данным ДБЭ рассчитать параметры кристаллической решетки. Определить вид и характер структурных дефектов. Провести сравнение методик ДБЭ, РЭМ и АСМ для одного образца.	0	4	4, 5, 6, 7	По экспериментальным данным, накопленным за семестр провести полный анализ состава, морфологических и структурных дефектов исследуемого образца.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	Контрольные работы	1, 2, 3, 8, 9	6	0
: Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179				
2	РГЗ	3, 7, 8, 9	9	4
: Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179				
3	Подготовка к занятиям	1, 2, 3, 6, 7	0	0
проблемы интерпретации электронно-микроскопических и микрозондовых изображений наноструктур,: Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179				
4	Подготовка к занятиям	4, 5, 6	9	0

: Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179				
5	Подготовка к занятиям	3, 5, 6	10	0
: Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179				
6	Подготовка к занятиям	2, 3, 7, 8	12	0
: Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179				
7	Дополнительная учебная деятельность	1, 2, 5, 6	0	0
: Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179				
8	Подготовка к аттестации	2, 3, 4, 6, 7, 8, 9	15	5
: Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail
Консультирование	Личный типовой сайт
Контроль	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		

Подготовка к занятиям:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179 "		
Дополнительная учебная деятельность:	0	
Контрольные работы:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179 "		
РГЗ:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179 "		
Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179 "		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Контр. раб.	Защита РГЗ	Экзамен
ПК.2	з10. Знать основы метрологии, основные методы и средства измерения физических величин	+		+
	з12. Знать основные виды и свойства нанобъектов, наноматериалов, устройств и приборов на их основе, типовые технологические процессы их получения, элементную базу, а также типовое оборудование		+	+
	у1. Уметь применять современные методы исследования для синтеза и анализа материалов и компонентов микро- и наносистемной техники			+
	у10. Уметь применять методы анализа и обработки экспериментальных данных, систематизации научно-технической информации			+
	у6. Владеть методами экспериментального исследования параметров и характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники			+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Зебрев Г. И. Физические основы кремниевой микроэлектроники : учебное пособие / Г. И. Зебрев. - М., 2011. - 240 с. : ил., схемы
2. Филимонова Н. И. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия. Ч. 1 : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 131, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178062
3. Кузнецов Н. Т. Основы нанотехнологии / Н. Т. Кузнецов. - Москва, 2014
4. Величко А. А. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур. : учебное пособие / А. А. Величко, Н. И. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. – Ч. 2. – 225, [1] с. : ил.

Дополнительная литература

1. Илюшин В. А. Процессы нанотехнологии : учебное пособие / В. А. Илюшин, А. А. Величко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 107 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Методы исследования материалов и структур : методические указания для выполнения лабораторных работ заочного отделения РЭФ по специальности 210104 - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Р. П. Дикарева, Т. С. Романова]. - Новосибирск, 2010. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149179

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Windows
- 2 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Учебная нанолaborатория NanoEducator-4	Проводятся исследования топологии поверхности гетерoэпитаксиальных структур

Комплект вопросов для к зачету по дисциплине.
«Актуальные проблемы современной нанотехнологии»

1. Анализ тенденций развития микроэлектроники Динамика развития микроэлектроники и ВТ. Закон Мура.
2. Принцип масштабирования.
3. Технологические ограничения развития микроэлектроники. Электронная и проекционная литография.
4. Нанотехнологии. Сканирующая туннельная микроскопия.
5. Сканирующая атомно-силовая микроскопия.
6. Экстремальная электроника. КНИ Структуры Технология и свойства КНИ структур
7. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
8. Оптоэлектроника. Фотоприемники. Основные параметры.
9. Приборы ночного видения
10. Оптоэлектроника. Излучатели света.
11. Полупроводниковые инжекционные лазеры.
12. Приборы, использующие эффект размерного квантования. Нанопотоника.
13. Электронно- и ионно-лучевые технологии.
14. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение.
15. Возобновляемые источники энергии.
16. Датчики. Сенсоры.

Ответы к вопросам по производственной практике: научно-исследовательской работе 7
 семестр и 8 семестр

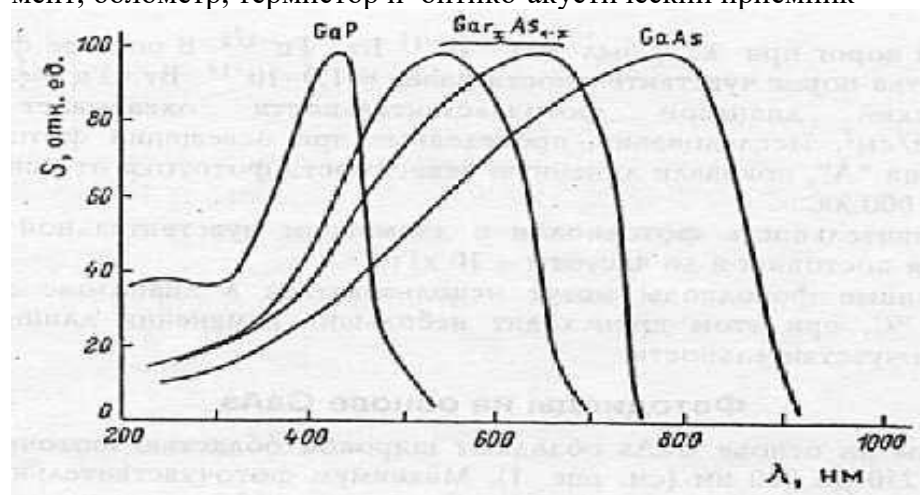
№ вопроса	Ссылка на источник	страницы
1	ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР ПРОГРЕССА МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ Микроэлектроника является фактором, определившим научно-технический прогресс, и социальную структуру человеческого общества второй половины XX-го века. Темпы развития микроэлектроники определяется темпами развития науки и информации. Большинство процессов, связанных с развитием микроэлектроники, носит явно выраженный экспоненциальный характер. Электроника развивалась в течение последнего полувека с темпом 15% годовых, в конце 80-х вышла на уровень товарооборота, превосходящий любую другую отдельно взятую отрасль промышленности США. Такого темпа не знало ни одно из направлений научно-технического прогресса (рис.1). Закона Мура: Степень интеграции n увеличивается вдвое каждый год (n – число электронных компонентов в каждой ИС) Если сравнить темпы роста информации	

	и темпы развития электроники, то окажется, что они близки. Действительно информация накапливается экспоненциально, и именно этот процесс развития естественно рассматривать в качестве главного стимулятора производства электронных компонентов для получения, обработки, хранения и воспроизведения информации. Степень интеграции n увеличивать выгодно с точки зрения достижения более высокой производительности обработки информации, ввиду возможности запараллеливания большого количества каналов обработки и использования более емких внутренних резервуаров памяти и ввиду увеличения быстродействия всех процессов.	
2	Масштабированием называется пропорциональное уменьшение размеров всех элементов транзисторов, начиная с длины канала $a_{\text{мин}}$ до размеров контактных площадок и толщины подзатворного диэлектрика. Сегодня по данным результатов конференций по нанoeлектронике длина канала $a_{\text{мин}}$ составляет 3-5 нм.	
3	Однако реальные возможности всегда ограничены предельно малым размером того конструктивного элемента, из которых строятся все входящие в ИС приборы. Этот минимальный размер, $a_{\text{мин}}$, определяется минимальными физически достижимыми размерами, или же предельной разрешающей способностью того или иного вида микротехники, т.е. техники создания микрорисунка на поверхности полупроводниковой пластины. $a_{\text{мин}}$, - определяется минимальными физически достижимыми размерами, или же предельной разрешающей способностью. техники создания микрорисунка на поверхности полупроводниковой пластины. Для этого используются различные виды литографии: оптическая, электронно-лучевая и рентгеновская.	
4	Филимонова Н. И. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия. Ч. 1 : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 131, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178062	37-62
5	Филимонова Н. И. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия. Ч. 1 : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 131, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178062	63-117
6	Полная диэлектрическая изоляция элементов схемы друг от друга. Повышение быстродействия за счёт минимизации емкости р-п переходов и паразитных межэлементных ёмкостей. Исключение паразитных транзисторных и тиристорных структур. Расширение рабочего температурного диапазона. Повышение плотности упаковки элементов ИС. Повышение радиационной стойкости и надежности. Снижение потребляемой мощности. Снижение числа технологических процессов. снижение диэлектрических потерь при работе в СВЧ диапазоне. Снижение токов утечки Технология Simox Метод основан на имплантации в Si	

	ионов кислорода ($E = 120$ кэВ, доза $D = 10^{18}$ см ⁻² с) с последующим синтезом при отжиге скрытого слоя окисла, в результате стимуляции твердофазной химической реакции между атомами кремния и внедрёнными ионами	
6	Технология Simox Метод основан на имплантации в Si ионов кислорода ($E = 120$ кэВ, доза $D = 10^{18}$ см⁻² с) с последующим синтезом при отжиге скрытого слоя окисла, в результате стимуляции твердофазной химической реакции между атомами кремния и внедрёнными ионами. Достоинства метода:- возможность создавать КНИ структуры на стандартных подложках кремния любого диаметра. Возможность обеспечить толщину отсеченного слоя кремния, отвечающего требованиям субмикронной технологии, менее 50 нм. Недостатки метода: отсутствие стандартного оборудования для имплантации больших доз кислорода и необходимость разработки специализированных имплантёров, что приводит к высокой стоимости получаемых структур. Технология КНС. Достоинства: малое рассогласование по постоянной решетки кремния и сапфира, не препятствующее эпитаксиальному росту кремния на сапфире. Высокая радиационная стойкость и высокие рабочие температуры КМОП ИС на КНС структурах. Отсутствие в сапфировой подложке, в отличие от полупроводниковой, поглощения, искажения и взаимного наложения радиочастотных сигналов. Отсутствие в сапфировой подложке токов утечки. Недостатки; - высокий уровень дефектности слоев Si в КНС структурах. (Процент выхода годных схем ~ 30%). Невоспроизводимость свойств границы раздела сапфир-кремний ограничивает минимальный топологический размер элементов ИС величиной 3 мкм. Подвижность носителей в нем не превышает 20% от уровня объемного кремния, а времена жизни неосновных носителей на порядки ниже, чем в объемном Si. Стоимость подложек из сапфира примерно в 10 раз выше, чем стоимость подложек	
7	Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры.(монография) под ред Л Ченга К. Плога пер. с англ Ж.И. Алийфорова и В.Ю. Шмарцева, - М. 1989г 582 с с ил.Режим доступа: 66359 http://virtua.library.nstu.ru/lib/item	30-54
8	КЛАССИФИКАЦИЯ ФОТОПРИЕМНИКОВ По оптическому диапазону. По принципу работы (селективные – не селективные). Полупроводниковые и другие. Резистивные и фотовольтаические. Ультрафиолетовый диапазон Термопара, является наиболее удобным приемником, поскольку ее чувствительность слабо зависит от длины волны и может быть достаточно легко проверена по стандартному источнику излучения.	

Видимый диапазон. Регистрация излучения с длинами волн от 0,4 до 0,8 мкм (400 до 800 нм), для этой области созданы высокочувствительные фотоэлементы и фотоумножители, использующие внешний фотоэффект, а также различного рода фотосопротивления и фотодиоды, основанные на внутреннем фотоэффекте в твердом теле

Инфракрасный диапазон. В этой области длин волн, как и в коротковолновых участках, для абсолютных измерений применяются неселективные приемники, например вакуумный термоэлемент, болометр, термистор и оптико-акустический приемник



Спектральные характеристики фотодиодов на основе GaP, GaP_xAs_{1-x} и GaAs

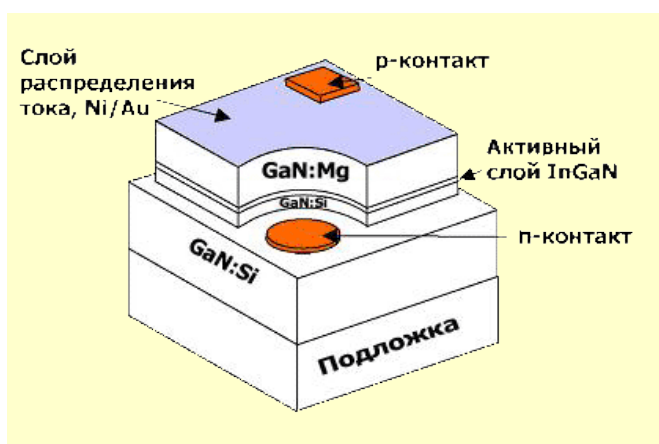
Параметры и характеристики фотодиодов

Для оценки технических свойств и эффективности приемников потока излучения, в общем случае используют следующие характеристики: спектральная чувствительность; интегральная чувствительность; чувствительность по току и напряжению; коэффициент использования; пороговый поток или обнаружительная способность; квантовая эффективность; квантовая пороговая чувствительность; постоянная времени; частотная характеристика; энергетическая (световая) характеристика; вольтамперная характеристика; температурная характеристика.

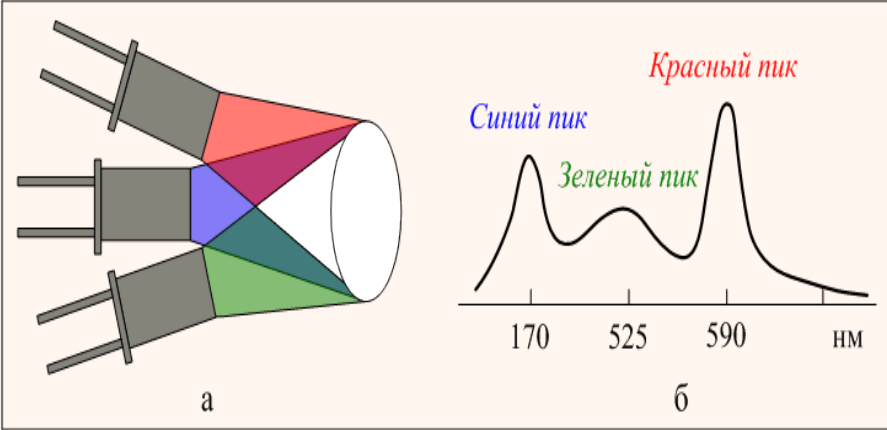
9

Фотодиоды с барьером Шоттки.

Кремниевые фотодиоды с барьером Шоттки используются в основном на длине волны $\lambda = 0,63$ мкм. При быстродействии $t_{пер} = 10^{-10} - 10^{-11}$ с в этих фотодиодах $S_I = 0,5$ А/Вт. Основные достоинства этих



приборов: возможность создания фотоприемников практически на всех материалах оптоэлектроники (пока практически используются лишь Si, Ge и

	GaAs); стандартная планарная технология; технологическая и физическая совместимость этих структур с интегральными микросхемами.	
10	Светодиод — это полупроводниковый прибор, преобразующий электрический ток непосредственно в световое излучение. Кстати, по-английски светодиод называется light emitting diode, или LED. Из полупроводникового кристалла на подложке, корпуса с контактными выводами и оптической системы. Современные светодиоды мало похожи на первые корпусные светодиоды, применявшиеся для индикации. Конструкция мощного светодиода серии Luxeon, выпускаемой компанией Lumileds, схематически изображена на рисунке. Свечение возникает при рекомбинации электронов и дырок в области р-п-перехода. Значит, прежде всего нужен р-п-переход, то есть контакт двух полупроводников с разными типами проводимости. Для этого приконтактные слои полупроводникового кристалла легируют разными примесями: по одну сторону акцепторными, по другую — донорными. Чем больше ток, тем больше электронов и дырок поступают в зону рекомбинации в единицу времени. Но ток нельзя увеличивать до бесконечности. Из-за внутреннего сопротивления полупроводника и р-п-перехода диод перегреется и выйдет из строя. Цвет светодиода зависит от ширины запрещенной зоны, в которой рекомбинируют электроны и дырки, то есть от материала полупроводника, и от легирующих примесей. Чем «синее» светодиод, тем выше энергия квантов, а значит, тем больше должна быть ширина запрещенной зоны.  Нитрид галлия GaN плавится при 2000 °С, при этом равновесное давление паров азота составляет 40 атмосфер; ясно, что растить такие кристаллы непросто. Аналогичные соединения — нитрилы алюминия и индия — тоже полупроводники. Их соединения образуют тройные твердые растворы с шириной запрещенной зоны, зависящей от состава, который можно подобрать так, чтобы генерировать свет нужной длины волны, в том числе и синий	
11	Инжекционные лазеры. Впервые такой инжекционный лазер был создан в 1993 году. Он представлял собой одиночную плоскость с квантовыми точками InGaAs в активной области. Такие лазеры имеют ряд преимуществ: физические — высокая температурная стабильность пороговой плотности тока (до 180К),	

	малое время заселения основного состояния и высокие рабочие частоты; при повышении температуры ближе к комнатной величина пороговой плотности тока увеличивается с 80 А/см^2 до 95 А/см^2 вследствие недостаточной энергии локализации носителей в КТ (происходит термических выброс носителей из квантовых точек). Лазеры на квантовых точках технологические – упорядоченный массив квантовых точек, расположенный в оптическом волноводе, может приводить к распределенной обратной связи и одномодовой генерации. Лазерная генерация через состояния самоорганизованных КТ впервые наблюдалась в 1993г. За прошедшие годы достигнут впечатляющий прогресс как в области получения массивов КТ пригодных для использования в качестве активной области инжекционных гетеролазеров, так и в области исследования свойств лазеров на КТ. Дальнейший прогресс в области гетероструктур с КТ связан с расширением их области применений в различных приборах микро- и оптоэлектроники и получением все более однородных КТ, что позволит качественно улучшить рабочие характеристики большинства современных приборов.	
12	Основы наноэлектроники : [учебное пособие для вузов по специальности 200100 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и 201900 "Микросистемная техника"] / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин ; Новосибирск : Изд-во НГТУ , 2004, 494 с. ил. 621.38 D721http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031532	9-65
13	Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур . Ч. 2 : учебное пособие / А. А. Величко, Н. И. Филимонова ; Новосибирск : Изд-во НГТУ , 2014. 227с. http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208144	50-75 76-158
14	В 2006 году исполняется 20 лет с момента открытия высокотемпературной сверхпроводимости Беднорцем и Мюллером. Этому событию редакция журнала “Nature Physics” посвятила один из последних номеров, предоставив свои страницы известным специалистам в области ВТСП. 1) сверхпроводимость ВТСП есть следствие образования куперовских пар с зарядом $2e$ каждая (или, более строго – следствие возникновения при $T=T_c$ недиагонального дальнего порядка); об этом однозначно свидетельствуют эксперименты по квантованию магнитного потока и наличие эффекта Джозефсона; 2) медь-кислородные плоскости CuO_2 – обязательный элемент кристаллической структуры всех ВТСП; 3) в первом приближении можно считать, что куперовские пары формируются независимо в разных слоях CuO_2 (или группах из	

	нескольких таких соседних слоев), разделенных “резервуарами заряда”; об этом говорит малая (по сравнению с kVT_c) величина энергии перескока электронов между слоями, определяемая по температурной зависимости сопротивления вдоль оси c; 4) механизм формирования куперовских пар – либо нефононный, либо включает фононы гораздо более сложным образом, чем в теории БКШ (это следует из очень слабого изотопического эффекта или его полного отсутствия в ВТСП); 5) спиновое состояние куперовских пар является синглетным; 6) орбитальное состояние куперовских пар в тетрагональных ВТСП имеет d-волновую симметрию; 7) характерные размеры куперовских пар составляют $(1 \div 3)$ нм; 8) куперовские пары, как и в теории БКШ, формируются из электронов, находящихся в обращенных по времени состояниях.	
15	Мировые тенденции развития альтернативной энергетики Мировой опыт показывает, что одним из основных направлений повышения энергоэффективности экономики любой страны является развитие альтернативной энергетики. Понятия «альтернативная энергетика» и «малая энергетика» подразумевают: более широкое использование возобновляемых источников энергии и применение современных энергоэффективных технологий генерации электрической и тепловой энергии. Использование возобновляемых источников получения энергии, их активное внедрение в жизнь с каждым годом приобретает все более серьезные масштабы. К 2020 году Европейский союз планирует в соответствии со своей энергетической стратегией «20–20–20» увеличить долю возобновляемых источников энергии в общем топливном балансе ЕС до 20%, что, по замыслу европейцев, позволит сократить удельный спрос на традиционные энергоресурсы на 20%. Это позволит странам Евросоюза к 2030 г. Увеличить валовой национальный продукт на 79% при снижении энергопотребления на 7%. В будущем европейские государства будут получать от возобновляемых источников энергии не менее трети потребляемой энергии Соединенные Штаты, главный мировой импортер углеводородов, также разрабатывают свою стратегию ухода от традиционных источников энергии. В США финансирование возобновляемой энергетики и энергоэффективности из федерального бюджета сопоставимо с расходами на атомную энергетику и обращение с радиоактивными отходами. Согласно планам президента США Барака Обамы, к 2012 году доля энергии в стране, получаемой за счет возобновляемых источников, должна достичь 10%, а к 2025 году – 25%. Необходимость развития альтернативной и малой энергетики в условиях сокращения запасов нефти и газа, а также стремление к повышению энергетической и экологической эффективности промышленного производства становятся в последнее время в развитых странах не только объектом обсуждения на самом высоком уровне, но и предметом выработки конкретных решений. Красноречивым примером конкретных решений в области альтернативной энергии является, не имеющей аналогов в мире, самый грандиозный в мире проект «солнечной энергетики», реализуемый в США. По данному проекту, на территории штата Невада площадью 160 кв. км создается,	

	не имеющая аналогов в мире, гелиоэнергетическая система на основе «солнечных» двигателей Стирлинга. В конечном счёте, проект предполагает компактное размещение более 70 тысяч таких установок, которые будут трансформировать солнечную энергию в электрическую, обеспечивая при этом полностью потребность южных и западных штатов США в электроэнергии. Общее количество солнечной энергии, достигающее поверхности Земли в 6,7 раз больше мирового потенциала ресурсов органического топлива. Использование только 0,5 % этого запаса могло бы полностью покрыть мировую потребность в энергии на тысячелетия.	
16	Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 1 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2004. - 415 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031699	50-150

Билеты к зачету

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 1

к зачету по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники»

1. Вопрос Анализ тенденций развития микроэлектроники Динамика развития микроэлектроники и ВТ. Закон Мура.
2. Вопрос Приборы ночного видения

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 2

к зачету по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники»

1. Вопрос Принцип масштабирования
2. Вопрос Оптоэлектроника. Излучатели света.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 3

к зачету по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники»

1. Вопрос Технологические ограничения развития микроэлектроники. Электронная и проекционная литография.
2. Вопрос Полупроводниковые инжекционные лазеры.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 4

к зачету по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники»

1. Вопрос Сканирующая атомно-силовая микроскопия.
2. Вопрос Электронно- и ионно-лучевые технологии

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

Билеты к зачету

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 5

к зачету по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники»

1. Вопрос Анализ тенденций развития микроэлектроники Динамика развития микроэлектроники и ВТ. Закон Мура.
2. Вопрос Приборы ночного видения

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

Билеты к зачету

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 6

к зачету по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники»

1. Вопрос Экстремальная электроника. КНИ Структуры Технология и свойства КНИ структур
2. Вопрос Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

Билеты к зачету

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 7

к зачету по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники»

1. Вопрос Молекулярно-лучевая эпитаксия.
2. Вопрос Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

Билеты к зачету

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 8

к зачету по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники»

1. Вопрос Оптоэлектроника. Фотоприемники. Основные параметры.
2. Вопрос Возобновляемые источники энергии. Методы освоения

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

»

Паспорт экзамена

по дисциплине «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем», 7 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-8, второй вопрос из диапазона вопросов 9-16 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем»

1. Анализ структуры кристаллической решетки и типов дефектов по имеющимся изображениям ПЭМ.
2. Исследование дифракции быстрых электронов при росте полупроводниковых структур методом МЛЭ

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные

ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 20-29 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 30-35 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 36-40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем»

1. Анализ структуры кристаллической решетки и типов дефектов по имеющимся изображениям ПЭМ.
2. Исследование дифракции быстрых электронов при росте полупроводниковых структур методом МЛЭ
3. Исследование оптических свойств полупроводников методом Фурье спектроскопии
4. Исследование поверхности методом растровой электронной микроскопии.
5. Исследование состава образцов методом рентгеновского микроанализа
6. Фотоэлектронная спектроскопия Рентгеновская
7. Фотоэлектронная спектроскопия Ультрафиолетовая
8. Исследование дифракции быстрых электронов при росте полупроводниковых структур методом МЛЭ
9. По данным ДБЭ рассчитать параметры кристаллической решетки.
10. Определить вид и характер структурных дефектов
11. Провести сравнение методик ДБЭ, РЭМ и АСМ
12. Анализ структуры кристаллической решетки и типов дефектов по имеющимся изображениям ПЭМ
13. Расчет параметров п/п по экспериментальным зависимостям туннельных токов
14. . Расчет атомного состава мишеней по спектрам Резерфодовского рассеяния.
15. Исследование оптических свойств полупроводников методом Фурье спектроскопии
16. Методы определения кинетических параметров полупроводников: концентрации и подвижность (эффект Холла)

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем», 7 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по темам и включает 4 задания.

Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается невыполненной, если оценка составляет менее 10 баллов.

Работа выполнена на пороговом уровне, если оценка составляет 10-14 баллов.

Работа выполнена на базовом уровне, если оценка составляет 15-17 баллов.

Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если оценка составляет 18-20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

По данным ДБЭ рассчитать параметры кристаллической решетки.

Заданы:

1. Расстояния от электронной пушки до образца
2. Расстояние от образца до экрана.
3. Ускоряющее напряжение.
4. Параметры изображения (дифракционной картины)

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем», 7 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны рассчитать параметры кристалла по данным Дифракции быстрых электронов

При выполнении расчетно-графического задания студенты должны провести анализ объекта диагностирования, выбрать и обосновать диагностические признаки и параметры, разработать алгоритмы диагностирования, выбрать аппаратные средства.

Обязательные структурные части РГЗ.

1. Обзор литературы постановка задачи.
2. Теоретическое введение
3. Описание методики расчетов.
4. Рабочие формулы и результаты расчета.

Оцениваемые позиции:

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует анализ объекта, диагностические признаки не обоснованы, аппаратные средства не выбраны или не соответствуют современным требованиям, оценка составляет менее 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, аппаратные средства не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 10-14 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны ,но не оптимизированы, аппаратные средства выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет 15-17 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны и оптимизированы, выбор аппаратных средств обоснован, оценка составляет 18-20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами

балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

По данным ДБЭ рассчитать параметры кристаллической решетки.

Анализ структуры кристаллической решетки и типов дефектов по имеющимся изображениям ПЭМ

Расчет атомного состава мишеней по спектрам Резерфодовского рассеяния

Провести сравнение методик ДБЭ, РЭМ и АСМ для одного образца.

Расчет параметров п/п по экспериментальным зависимостям туннельных токов