

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
Микро- и наносистемы в технике и технологии

Образовательная программа: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, магистерская программа: Материалы микро- и наносистемной техники

Курс: 1, семестр : 1

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	Вид деятельности	1
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	64
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	36
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	16
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	8
10	Самостоятельная работа, час.	80
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): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №990 от 09.09.2015 г. , дата утверждения: 05.10.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.04.01 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. Гридчин В. 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 разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты; в части следующих результатов обучения:	
33. знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах	
Компетенция ФГОС: ПК.3 готовность разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники; в части следующих результатов обучения:	
35. знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне	
36. знать основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	
37. знать физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования нано- и микроструктур	
у11. уметь применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем	
у3. владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
---	---------------------------

Микро- и наносистемы в технике и технологии

ПК.2.33 знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах	
1. знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.3.35 знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне	
2. знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.3.36 знать основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	
3. знать основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.3.37 знать физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования нано- и микроструктур	
4. знать физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования нано- и микроструктур	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.3.у3 владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области	
5. владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.3.у11 уметь применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем	
6. уметь применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 1			

Дидактическая единица: Физико-химические модели процессов в нанотехнологии.			
1. Классификация компонентов микро- и наносистемной техники.	0	4	1
2. физико-химические основы процессов в пограничных областях наноструктур.	0	4	2
Дидактическая единица: Субмикронные технологии			
3. Ионный синтез наноструктур на поверхности и в объеме полупроводников.	0	4	4
Дидактическая единица: Формирование нанорельефа поверхности подложек			
4. Условия бесконтактного формирования нанорельефа поверхности подложек.	0	4	4
Дидактическая единица: Компоненты микро-и наносистемной техники			
5. Микромеханические приводы движения.	0	2	5, 6

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Физико-химические модели процессов в нанотехнологии.				
1. Материалы электроники для наноструктурных элементов.	0	4	1	Занятия с электронной презентацией.
2. Механизмы эпитаксии	3	4	3	Интерактивные занятия в научно-исследовательской лаборатории с инструментальными измерениями.
3. Технология двумерных гетерэпитаксиальных полупроводниковых систем.	3	4	3	Интерактивные занятия в лаборатории молекулярной эпитаксии.
Дидактическая единица: Субмикронные технологии				
4. Формирование нанокристаллов.	2	4	3, 4	Занятия с компьютерными программами по формированию нанокристаллов кремния в диоксиде кремния.
5. Анизотропное распыление поверхности полупроводниковых материалов при воздействии ионных пучков.	2	4	3, 4	Практические занятия в лаборатории.
Дидактическая единица: Формирование нанорельефа поверхности подложек				
6. Локальная модификация полупроводниковых подложек.	2	4	4	Практические занятия в исследовательской лаборатории.
7. Полевое испарение проводящих материалов с нанометровым разрешением.	2	4	5	Семинар с обсуждением компьютерных презентаций студентов по теме.
8. Методы контроля наноструктур по составу, размерам, степени упорядоченности.	2	4	5	Занятия с обсуждением студенческих презентаций по теме.
Дидактическая единица: Компоненты микро-и наносистемной техники				

9. Микро-и наноустройства обработки, хранения и записи информации.	0	4	3, 6	Занятия в компьютерном классе.
--	---	---	------	--------------------------------

Таблица 3.3

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Физико-химические модели процессов в нанотехнологии.				
1. Физико-химические модели процессов в области нанотехнологии.	0	5	1, 2, 3	Работа с литературой
6. ргз	0	5	1, 3	микромеханика
9. контрольная работа	0	5	1, 4, 6	современные методы расчета параметров
Дидактическая единица: Субмикронные технологии				
2. физические эффекты в туннельно-зондовой нанотехнологии.	0	15	3, 4	Работа с литературными источниками.
8. локальное окисление металлов	0	0	2	
Дидактическая единица: Формирование нанорельефа поверхности подложек				
3. Локальное анодное окисление металлов.	0	10	2, 6	Работа с периодической литературой по теме.
Дидактическая единица: Компоненты микро-и наносистемной техники				
4. Микромеханизмы, микропривод, микромашины. Химические и биологические сенсоры.	0	20	3, 6	Работа с литературными источниками.
5. Подготовка к зачету .	0	10	2, 3, 4, 6	Работа с литературой и конспектам.
7. микромеханический привод	0	0	2	

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	Контрольные работы	1, 3	5	4
: Бялик А. Д. Элементная база электроники. Задачник : учебно-методическое пособие / А. Д. Бялик, А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 44, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232419				
2	РГЗ	1, 2, 5	5	4
: Бялик А. Д. Элементная база электроники. Задачник : учебно-методическое пособие / А. Д. Бялик, А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 44, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232419				
3	Подготовка к аттестации	1	0	0
: Бялик А. Д. Элементная база электроники. Задачник : учебно-методическое пособие / А. Д. Бялик, А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 44, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232419				

4	Самостоятельное изучение теоретического материала	1, 2, 3, 4, 6	70	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.3 : Бялик А. Д. Элементная база электроники. Задачник : учебно-методическое пособие / А. Д. Бялик, А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 44, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232419				

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	Социальные сети
Консультирование	Портал НГТУ
Контроль	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	ЭБС

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: 1		
<i>Подготовка к занятиям:</i>	5	10
<i>Самостоятельное изучение теоретического материала:</i>	5	10
<i>Лекция:</i>	3	5
<i>Практические занятия:</i>	5	10
<i>Контрольные работы:</i>	5	10
Контролирующие материалы приводятся в "Бялик А. Д. Элементная база электроники. Задачник : учебно-методическое пособие / А. Д. Бялик, А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 44, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232419 "		
<i>РГЗ:</i>	8	15
Контролирующие материалы приводятся в "Бялик А. Д. Элементная база электроники. Задачник : учебно-методическое пособие / А. Д. Бялик, А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 44, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232419 "		
<i>Экзамен:</i>	20	40
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Бялик А. Д. Элементная база электроники. Задачник : учебно-методическое пособие / А. Д. Бялик, А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 44, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232419 "		

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	з3. знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах	+		+
ПК.3	з5. знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне	+		
	з6. знать основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники		+	
	з7. знать физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования нано- и микроструктур		+	
	у11. уметь применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем			+
	у3. владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области			+

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

7. Литература

Основная литература

1. Войтович И. Д. Интеллектуальные сенсоры : учебное пособие / И. Д. Войтович, В. М. Корсунский. - М., 2011

Дополнительная литература

1. Пул Ч. Нанотехнологии : учебное пособие по направлению подготовки "Нанотехнологии" / Ч. Пул-мл., Ф. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина ; доп. В. В. Лучинина. - М., 2006. - 334 с. : ил.
2. Суздаев И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев. - М., 2006. - 589 с. : ил.
3. Гусев А. И. Нанокристаллические материалы : [монография] / А. И. Гусев, А. А. Ремпель. - М., 2001. - 223 с. : ил.

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. Бялик А. Д. Элементная база электроники. Задачник : учебно-методическое пособие / А. Д. Бялик, А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 44, [3] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232419

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 Операционная система Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	УСТАНОВКА 830-03	Используется для выполнения технологических процессов.
2	УСТАНОВКА для сушки пластин	Используется для выполнения технологических процессов.

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

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Микро- и наносистемы в технике и технологии

Образовательная программа: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника,
магистерская программа: Материалы микро- и наносистемной техники

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Микро- и наносистемы в технике и технологии приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.2/НИ готовность разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты	з3. знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах	Классификация компонентов микро- и наносистемной техники. Материалы электроники для наноструктурных элементов. Физико-химические модели процессов в области нанотехнологии.	Контрольные работы, разделы 1 – 3.	Экзамен, вопросы 1 – 12.
ПК.3/НИ готовность разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники	з5. знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне	физико-химические основы процессов в пограничных областях наноструктур.	Контрольные работы, разделы 1 – 3.	
ПК.3/НИ	з6. знать основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	Микромеханизмы, микропривод, микромашины. Химические и биологические сенсоры. физические эффекты в туннельно-зондовой нанотехнологии.	РГЗ, разделы 1 – 5.	
ПК.3/НИ	з7. знать физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования нано- и микроструктур	Подготовка к зачету . физические эффекты в туннельно-зондовой нанотехнологии. Формирование нанокристаллов.	РГЗ, разделы 1 – 5.	
ПК.3/НИ	у3. владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей,	Микромеханические приводы движения. Полевое испарение проводящих материалов с нанметровым разрешением.		Экзамен, вопросы 1 – 12.

	используемых в предметной области			
ПК.3/НИ	у11. уметь применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем	Локальное анодное окисление металлов. Микро-и наноустройства обработки, хранения и записи информации. Микромеханизмы, микропривод, микромашины. Химические и биологические сенсоры.		Экзамен, вопросы 1 – 12.

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 1 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.2/НИ, ПК.3/НИ.

Экзамен проводится в устной форме, по билетам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 1 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (РГЗ), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ, контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ, контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.2/НИ, ПК.3/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Микро- и наносистемы в технике и технологии», 1 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1 – 6, второй вопрос из диапазона вопросов 7 – 12 (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 «Микро- и наносистемы в технике и технологии»

1. Физико-химические основы процессов, протекающих на границах разделах фаз в различных нано- и микросистемах.
2. Ионный синтез наноструктур на поверхности и в объеме полупроводников.

Утверждаю: зав. кафедрой ППиМЭ _____ проф. В.А. Гайслер
(подпись)

«23» июня 2017 г.

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 **0 – 49 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 не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет **50 – 66 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 **67 – 86 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 **87 – 100 баллов**.

3. Шкала оценки

Максимальный балл, который студент может набрать в ходе сдачи экзамена, равен 40, таким образом, коэффициент пересчёта баллов экзамена в итоговые баллы по дисциплине равен 0,4.

Оценка **«неудовлетворительно»** (оценка FX) ставится в случае, если студент отвечает на **неудовлетворительном** уровне, и набирает по сумме ответов на все вопросы от 10 до 19,6 итоговых баллов.

Оценка **«удовлетворительно»** (оценки E, D-, D) ставится в случае, если студент отвечает на **пороговом** уровне, и набирает от 20 до 26,4 баллов, а также на **базовом** уровне, если набранный им итоговый балл по сумме ответа на все вопросы находится в пределах от 26,8 до 28,8 (оценки D+ и C-).

Оценка **«хорошо»** (оценки C, C+, B-, B) ставится в случае, если студент отвечает на **базовом** уровне, и набирает от 29,2 до 34,4 итоговых баллов.

Оценка **«отлично»** (оценки B+, A-, A, A+) ставится в случае, если студент отвечает на **продвинутом** уровне, и набирает от 34,8 до 40 итоговых баллов.

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее **20** баллов (из **40** возможных).

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 «Микро- и наносистемы в технике и технологии»

1. Физико-химические основы процессов, протекающих на границах разделах фаз в различных нано- и микросистемах.
2. Классификация компонентов микро- и наносистемной техники.
3. Материалы электроники для наноструктурных элементов.
4. Механизмы эпитаксии.
5. Физико-химические основы процессов в пограничных областях наноструктур.
6. Физические эффекты в туннельно-зондовой нанотехнологии.
7. Ионный синтез наноструктур на поверхности и в объеме полупроводников.
8. Локальное анодное окисление металлов.
9. Условия бесконтактного формирования нанорельефа поверхности подложек.
10. Основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники.
11. Основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне.
12. Компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Микро- и наносистемы в технике и технологии», 1 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме «Физико-химические модели процессов в области нанотехнологии». Основная суть работы заключается в расчёте параметров технологического процесса в соответствии с заданием.

Перечень рассматриваемых технологических процессов:

1. Газофазная эпитаксия.
2. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
3. Локальное окисление.
4. Ионный синтез наноструктур на поверхности материалов.
5. Анизотропное распыление поверхности полупроводниковых материалов.

Выполняется письменно и состоит из трёх разделов:

1. Введение (описание технологической установки)
2. Основная часть (необходимые математические выкладки)
3. Заключение (результат, полученный в ходе решения).

4. Критерии оценки

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

Контрольная работа считается **невыполненной**, если в решении допущены фактические ошибки, либо приведен только ответ задачи, без решения. Оценка составляет **0 – 49** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если в решении допущены не принципиальные ошибки, например, вычислительные. Оценка составляет **50 – 66** баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если задание выполнено правильно, решение задания приведено, но не обосновано, а ошибки отсутствуют. Оценка составляет **67 – 86** баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если задание выполнено правильно, решение задания приведено полностью, и подкреплено необходимыми теоретическими обоснованиями. Оценка составляет **87 – 100** баллов.

5. Шкала оценки

Максимальный балл, который студент может набрать в ходе выполнения контрольной работы, равен 10, таким образом, коэффициент пересчёта баллов контрольной работы в итоговые баллы по дисциплине равен 0,1.

Оценка «**неудовлетворительно**» (оценка FX) ставится в случае, если работа **не выполнена** (от 0 до 4,9 итоговых баллов), в этом случае работа переписывается заново.

Оценка «**удовлетворительно**» (оценки E, D-, D) ставится в случае, если работа выполнена на **пороговом** уровне (от 5 до 6,6 баллов), а также на **базовом** уровне, если балл за работу находится в пределах от 6,7 до 7,2 (оценки D+ и C-).

Оценка **«хорошо»** (оценки C, C+, B-, B) ставится в случае, если работа выполнена на **базовом** уровне (от 7,3 до 8,6 баллов).

Оценка **«отлично»** (оценки B+, A-, A, A+) ставится в случае, если работа выполнена на **продвинутом** уровне (от 8,6 до 10 баллов).

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

6. Пример заданий контрольной работы

1. Рассчитать скорость окисления кремния при заданном давлении кислорода и заданной температуре.
2. Рассчитать скорость осаждения углерода в установке МЛЭ при заданном уровне вакуума и заданной температуре испарителя.
3. Рассчитать скорость газофазной эпитаксии кремния при заданном давлении.
4. Рассчитать скорость распыления материала при заданной интенсивности падающего потока частиц

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Микро- и наносистемы в технике и технологии», 1 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны спроектировать технологический маршрут создания наноструктур в соответствии с исходными данными.

При выполнении расчетно-графического задания студенты должны:

1. Самостоятельно изучить теоретический материал, необходимый для выполнения работы.
2. На основе данных технического задания разработать технологический маршрут, обосновать правильность выбора и отразить в пояснительной записке.
3. Составить технологическую карту маршрута и приложить к пояснительной записке.
4. Построить компьютерную модель каждого из задействованных в маршруте технологических процессов и произвести необходимые расчеты.
5. Результаты расчетов представить в виде таблиц и графиков, сопоставить с результатами аналитических расчетов, сделать вывод.

Отчет по РГЗ (пояснительная записка) должен в обязательном порядке содержать:

1. Титульный лист, заполненный в соответствии установленной формой, и названием работы «Проектирование технологического маршрута создания микро- и наноструктур», подписанный исполнителем (студентом) (2 экз.).
2. Лист с заданием на РГЗ (2 экз.) Лист должен содержать Ф.И.О. студента (исполнителя задания), название дисциплины, название темы работы, исходные данные (указание, что требуется разработать), дату выдачи задания, дату представления работы руководителю, поле «Замечания к работе» (с достаточным местом для замечаний) и подпись руководителя (преподавателя).
3. Лист с техническим заданием для РГЗ (2 экз.)
4. Содержание работы с нумерацией страниц.
5. Текст пояснительной записки, содержащей все проведенные студентом расчёты, обоснования и выводы, а также графическую и табличную информацию, если она требуется.
6. Вывод и заключение. Вывод должен соответствовать цели работы, указанной в графе «Исходные данные»
7. CD диск, с полным набором всех файлов, созданных студентом в ходе выполнения РГЗ, включая файл с полным текстом пояснительной записки.

Оцениваемые позиции:

1. Наличие/отсутствие титульного листа, заполненного в соответствии с установленной формой.
2. Наличие/отсутствие заполненных полей на листе с заданием для РГЗ.

3. Наличие/отсутствие вывода и заключения.
4. Ясность и полнота изложенной информации.
5. Наличие/отсутствие необходимых по тексту рисунков и таблиц.
6. Наличие/отсутствие комментариев к рисункам и таблицам.
7. Ясность и полнота ответов на вопросы преподавателя.

Отрицательная информация по любой из позиций оценивается в 0 баллов, положительная – в 1 балл и более, в зависимости от качества ответа.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если:
 - 1) выполнены не все части РГЗ,
 - 2) в работе допущены фактические ошибки,
 - 3) выбор технологических процессов не обоснован,
 - 4) пояснительная записка не оформлена надлежащим образом,
 - 5) студент не может прокомментировать представленную пояснительную записку,
 - 6) технологическое оборудование для выполнения процессов не выбрано или не соответствует современным требованиям, оценка составляет **0 – 49** баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если:
 - 1) части РГЗ выполнены формально: рисунки и таблицы приведены без пояснений,
 - 2) выбор технологического оборудования не обоснован,
 - 3) анализ результатов компьютерного моделирования не проведён,
 - 4) пояснительная записка оформлена неаккуратно,
 - 5) электронный носитель отсутствует,
 - 6) студент затрудняется прокомментировать некоторые места пояснительной записки, оценка составляет **50 – 66** баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если:
 - 1) пояснительная записка содержит все расчёты, рассуждения и выводы, а также необходимые по тексту рисунки и таблицы в полном объёме,
 - 2) пояснительная записка оформлена аккуратно, с соблюдением всех предъявляемых к её оформлению требований,
 - 3) к пояснительной записке приложен электронный носитель с полной версией всех файлов, созданных студентом в ходе выполнения работы,
 - 4) разработанная технология не оптимизирована,
 - 5) качество комментариев студента к представленной преподавателю пояснительной записке побуждает преподавателя задавать дополнительные наводящие вопросы, оценка составляет **67 – 86** баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если:
 - 1) пояснительная записка содержит все расчёты, рассуждения и выводы, а также необходимые по тексту рисунки и таблицы в полном объёме, со всеми необходимыми обоснованиями,
 - 2) все требования к оформлению пояснительной записки соблюдены,
 - 3) РГЗ представлен на проверку преподавателю в определённые преподавателем сроки,
 - 4) все необходимые параметры компьютерной модели оптимизированы,
 - 5) качество комментариев студента к представленной преподавателю пояснительной записке не побуждает преподавателя задавать дополнительные наводящие вопросы, оценка составляет **87 – 100** 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.

Максимальный балл, который студент может набрать в ходе выполнения РГЗ, равен 15, таким образом, коэффициент пересчёта баллов РГЗ в итоговые баллы по дисциплине ра-

вен 0,15.

Оценка «неудовлетворительно» (оценка FX) ставится в случае, если работа не выполнена (от 3,75 до 7,35 итоговых баллов), в этом случае работа возвращается студенту на доработку.

Оценка «удовлетворительно» (оценки E, D-, D) ставится в случае, если работа выполнена на пороговом уровне (от 7,35 до 9,9 баллов), а также на базовом уровне, если балл за работу находится в пределах от 9,9 до 10,8 (оценки D+ и C-).

Оценка «хорошо» (оценки C, C+, B-, B) ставится в случае, если работа выполнена на базовом уровне (от 10,8 до 12,9 баллов).

Оценка «отлично» (оценки B+, A-, A, A+) ставится в случае, если работа выполнена на продвинутом уровне (от 12,9 до 15 баллов).

4. Примерный перечень тем РГЗ

1. Проектирование эпитаксиально-планарного кремниевого резистора в форме Греческого креста (параметры могут варьироваться, согласно техническому заданию).
2. Проектирование эпитаксиально-планарного кремниевого резистора в форме креста Кельвина (параметры могут варьироваться, согласно техническому заданию).
3. Проектирование эпитаксиально-планарного кремниевого диода (параметры могут варьироваться, согласно техническому заданию).
4. Проектирование планарного кремниевого резистора на основе структуры SOI (параметры могут варьироваться, согласно техническому заданию).
5. Проектирование эпитаксиально-планарного фоторезистора на основе GaAs (параметры могут варьироваться, согласно техническому заданию).
6. Проектирование эпитаксиально-планарного светодиода на основе InSb (параметры могут варьироваться, согласно техническому заданию).