

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
Физика поверхности

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

Курс: 2, семестр : 3

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	Вид деятельности	3
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	49
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	16
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	11
10	Самостоятельная работа, час.	95
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, по выбору студента

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.ф-м.н. Климов А. Э.

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
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
Физика поверхности	
ПК.3.36 знать основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	
1. О современных принципах построения теоретических моделей физических процессов на поверхности.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
2. О методах теоретической физики и вычислительной математики, используемых в материаловедении, физике твердого тела и физике полупроводников.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
3. О новейших методах получения, экспериментального исследования и характеристики тонких пленок и нанобъектов.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
4. О перспективных направлениях развития твердотельной электроники в пленочном исполнении и наноэлектроники.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.2.33 знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах	
5. Свойства твердых тел: диэлектриков, металлов, полупроводников.	Практические занятия; Самостоятельная работа
6. Особенности равновесных и неравновесных процессов на границе раздела твердых тел.	Практические занятия; Самостоятельная работа
7. Основные экспериментальные методики исследования границы поверхности полупроводник-диэлектрик.	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.3.35 знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне	
8. Основные физические явления, используемые для создания приборов твердотельной электроники и наноэлектроники.	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.3.у3 владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области	
9. Использовать основы теории твердого тела и термодинамики для постановки и решения задач описания процессов, происходящих на поверхности и в тонких пленках.	Практические занятия; Самостоятельная работа
10. Выдвигать и проверять гипотезы, делать обоснованный выбор методов исследования свойств твердотельных объектов.	Практические занятия
11. Проводить характеристику поверхности твердых тонких пленок в зависимости от поставленной задачи: уметь использовать методы структурного анализа.	Практические занятия

12.Выбирать и использовать для расчета параметров исследуемого объекта конкретные методы, сравнивать результаты расчета, полученные различными методами.	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: 3				
Дидактическая единица: Границы раздела, поверхностные и приповерхностные электронные состояния.				
1. Поверхностные и приповерхностные электронные состояния. Приповерхностная область пространственного заряда. Зонная диаграмма ОПЗ. Поверхностный потенциал.	0	4		Усвоение материала
Дидактическая единица: Методы исследования поверхности.				
2. Метод поверхностной проводимости. Метод эффекта поля. Метод накачки.	0	4	1, 2, 3, 4	Усвоение материала
3. Заряд и емкость ОПЗ. Заряд и емкость ПС. Поверхностная рекомбинация. Поверхностный захват. Кинетические уравнения носителей заряда на ПС.	0	4	1, 2, 3, 4	Усвоение материала
Дидактическая единица: МДП емкость. МДП транзистор с изолированным затвором.				
4. Емкость МДП-структуры. Вольт-фарадная характеристика (ВФХ). Эквивалентные схемы на высоких и низких частотах.	0	4	1, 2, 3, 4	Усвоение материала
5. Полевой транзистор с изолированным затвором. ВАХ МДПТ. Эффекты сильных полей в короткоканальных МДПТ.	0	2	1, 2, 3, 4	Усвоение материала

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Границы раздела, поверхностные и приповерхностные электронные состояния.				
1. Поверхностные и приповерхностные электронные состояния. Приповерхностная область пространственного заряда. Зонная диаграмма ОПЗ. Поверхностный потенциал.	0	2	1, 2	Семинар.
Дидактическая единица: Методы исследования поверхности.				
2. Метод поверхностной проводимости. Метод эффекта поля. Метод накачки.	2	2	3, 7	Семинар.

3. Заряд и емкость ОПЗ. Заряд и емкость ПС. Поверхностная рекомбинация. Поверхностный захват. Кинетические уравнения носителей заряда на ПС.	2	2	2, 8	Семинар.
Дидактическая единица: МДП емкость. МДП транзистор с изолированным затвором.				
4. Емкость МДП-структуры. Вольт-фарадная характеристика (ВФХ). Эквивалентные схемы на высоких и низких частотах.	2	2	2, 5	Семинар.
5. Полевой транзистор с изолированным затвором. ВАХ МДПТ. Эффекты сильных полей в короткоканальных МДПТ.	2	2	4, 8	Семинар.
6. Дegradация характеристик МДПТ, вызванная горячими носителями. Механизмы дефектообразования в короткоканальных МДПТ.	2	2	10, 6	Семинар.
7. Моделирование характеристик короткоканальных МДП транзисторов (диффузионно-дрейфовое приближение, гидродинамическое приближение).	2	2	12, 9	Семинар.
Дидактическая единица: Основные закономерности роста эпитаксиальных пленок. Одноэлектроника.				
8. Методы получения совершенной поверхности. Формула Уолтена-Родина.	2	2	11, 3	Семинар.
9. Основы одноэлектроники. Кулоновская блокада и кулоновская лестница.	2	2	2, 4, 8	Семинар.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 3				
1	Контрольные работы	1, 3	8	3
: Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/dragunov.pdf . - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".				
2	РГЗ	12, 4, 5, 8	23	8
: Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/dragunov.pdf . - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".				
3	Подготовка к занятиям	1, 2, 3, 6, 7, 9	64	0
: Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/dragunov.pdf . - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".				
4	Дополнительная учебная деятельность	1, 2	0	0

: Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/dragunov.pdf . - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".				
5	Подготовка к аттестации	2, 5, 6, 7	0	0
: Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/dragunov.pdf . - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".				

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	e-mail
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять 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: 3		
<i>Контрольные работы:</i>	5	10
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/dragunov.pdf . - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии"."		
<i>РГЗ:</i>	25	50
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/dragunov.pdf . - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии"."		
<i>Экзамен:</i>	20	40
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/dragunov.pdf . - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии"."		

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	зн. знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах разделах фаз в различных нано- и микросистемах	+	+	+

ПК.3	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		+	+
	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. Филимонова Н. И. Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных 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
2. Величко А. А. Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных материалов и структур. Ч. 2 : учебное пособие / А. А. Величко, Н. И. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 225, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208144
3. Илюшин В. А. Физикохимия наноструктурированных материалов : учебное пособие / В. А. Илюшин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 105, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180741
4. Драгунов В. П. Основы нанозлектроники : учебное пособие для вузов по специальности "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы" / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - Новосибирск, 2000. - 331 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Ю П. Основы физики полупроводников : перевод с англ. яз. / Питер Ю, Мануэль Кардона ; под ред. Б. П. Захарчени. - М., 2002. - 560 с. : ил.. - Библиогр. на англ. яз.: с. 509-541. - Предм. указ.: с. 542-560.
2. Неизвестный И. Г. Физика поверхности полупроводников. Ч. 1 : лекции для 4-5 курсов ФТФ (специальность 20.01) дневного отд-ния / И. Г. Неизвестный, Н. Б. Придачин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1994. - 184с. : ил.
3. Ржанов А. В. Электронные процессы на поверхности полупроводников / А. В. Ржанов. - М. : Наука, 1971. - 480 с.
4. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов. Кн. 1 : В 2 кн. : Пер. с англ. / Под ред. Р. А. Суриса. - М., 1984. - 455 с. : ил.
5. Неизвестный И. Г. Физика поверхности полупроводников. Ч. 2 : Лекции для 4-5 курсов ФТФ (спец. 20. 01) дневного отд-ния. - Новосибирск, 1994. - 133 с. : ил.
6. Ржанов А. В. Электронные процессы на поверхности полупроводников / А. В. Ржанов. - М., 1971. - 480 с.
7. Бехштедт Ф. Поверхности и границы раздела полупроводников / Ф. Бехштедт, Р. Эндерлайн ; пер. с англ. под ред. И. П. Звягина. - М., 1990. - 484 с.
8. Технология СБИС. В 2 кн.. Кн. 1 / Пирс К. [и др.] ; под ред. С. Зи ; пер. с англ. В. М. Звероловлева [и др.]. - М., 1986. - 404 с. : ил., табл.
9. Технология СБИС. В 2 кн.. Кн. 2 / Пирс К., Адамс А., Кац Л. и др. ; под ред. Чистякова Ю. Д. - М., 1986. - 453 с. : ил.
10. Новое в исследовании поверхности твердого тела. Вып. 1 : пер. с англ. / ред. Т. Джайядевайя, Р. Ванселов ; под ред. Е. И. Гиваргизова, В. Б. Сандомирского и А. Г. Ждана. - М., 1977. - 314, [1] с. : ил., табл.

11. Новое в исследовании поверхности твердого тела. Вып. 2 : пер. с англ. / ред. Т. Джайядевайя, Р. Ванселов ; под ред. В. Б. Сандомирского и А. Г. Ждана. - М., 1977. - 370, [1] с.
12. Нестеренко Б. А. Физические свойства атомарно-чистой поверхности полупроводников : [монография] / Б. А. Нестеренко, О. В. Снитко ; Институт полупроводников. - Киев, 1983. - 263, [1] с. : ил., табл.
13. Свойства структур металл-диэлектрик - полупроводник : [монография / А. В. Ржанов и др. ; отв. ред. А. В. Ржанов] ; АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т физики полупроводников. - М., 1976. - 287, [1] с.
14. Бонч-Бруевич В. Л. Физика полупроводников : учебное пособие для физ. спец. вузов / В. Л. Бонч-Бруевич, С. Г. Калашников. - М., 1990. - 685 с. : ил.
15. Чаплик А. В. К теории электронных процессов на поверхности и в тонких слоях твердых тел : автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук : 046 / А. В. Чаплик ; Акад. наук СССР, Сиб. отд-ние, совет секции общ. и прикл. физики Объед. учен. совета по физ.-мат. и техн. наукам. - Новосибирск, 1972. - 20 с.

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 "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354, [1] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/dragunov.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Windows
- 2 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	используется в учебном процессе

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Комплект мультимедийного оборудования	чтение лекций

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. Хрусталев
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика поверхности

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 Физика поверхности 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	33. знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах	Деградация характеристик МДПТ, вызванная горячими носителями. Механизмы дефектообразования в короткоканальных МДПТ. Емкость МДП-структуры. Вольт-фарадная характеристика (ВФХ). Эквивалентные схемы на высоких и низких частотах. Метод поверхностной проводимости. Метод эффекта поля. Метод накачки.	Контрольные работы РГЗ, разделы Эквивалентные схемы на высоких и низких частотах. Метод поверхностной проводимости. Метод эффекта \..	Экзамен, вопросы 1-5.
ПК.3/НИ готовность разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники	35. знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне	Заряд и емкость ОПЗ. Заряд и емкость ПС. Поверхностная рекомбинация. Поверхностный захват. Кинетические уравнения носителей заряда на ПС. Основы одноэлектроники. Кулоновская блокада и кулоновская лестница. Полевой транзистор с изолированным затвором. ВАХ МДПТ. Эффекты сильных полей в короткоканальных МДПТ.	Контрольные работы, разделы...	Экзамен, вопросы 4-6
ПК.3/НИ	36. знать основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	Емкость МДП-структуры. Вольт-фарадная характеристика (ВФХ). Эквивалентные схемы на высоких и низких частотах. Заряд и емкость ОПЗ. Заряд и емкость ПС. Поверхностная рекомбинация. Поверхностный захват. Кинетические уравнения носителей заряда на ПС. Метод поверхностной проводимости. Метод эффекта поля. Метод накачки. Методы получения совершенной поверхности. Формула Уолтена-Родина. Основы одноэлектроники. Кулоновская блокада и кулоновская лестница. Поверхностные и приповерхностные электронные состояния. Приповерхностная область	РГЗ, разделы Эквивалентные схемы на высоких и низких частотах. Заряд и емкость ОПЗ. Заряд и емкость ПС. Поверхностная рекомбинация. .	Экзамен, вопросы 7-10.

		пространственного заряда. Зонная диаграмма ОПЗ. Поверхностный потенциал. Полевой транзистор с изолированным затвором. ВАХ МДПТ. Эффекты сильных полей в короткоканальных МДПТ.		
ПК.3/НИ	у3. владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области	Деградация характеристик МДПТ, вызванная горячими носителями. Механизмы дефектообразования в короткоканальных МДПТ. Методы получения совершенной поверхности. Формула Уолтена-Родина. Моделирование характеристик короткоканальных МДП транзисторов (диффузионно- дрейфовое приближение, гидродинамическое приближение).	Контрольные работы РГЗ, разделы Моделирование характеристик короткоканальных МДП транзисторов (диффузионно- дрейфовое приближение,	Экзамен, вопросы 6-12 7-19.

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

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

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

В 3 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), 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. (менее 20 баллов)

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.(20-25баллов)

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.(26-30баллов)

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.(31-40 баллов)

Паспорт экзамена

по дисциплине «Физика поверхности», 3 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-15, второй вопрос из диапазона вопросов 16-30 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для экзамена

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Физика поверхности»

1. Классический размерный эффект
2. Рекомбинация неравновесных носителей: темп рекомбинации в объёме.

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

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для экзамена засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, знает особенности протекания физических процессов обусловленных наличием границ и основные физико-математические модели, описывающие процессы на поверхности и в приповерхностном слое оценка составляет 20-25 баллов.
- Ответ на билет (тест) для экзамена 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 и количественные характеристики процессов, протекающих на поверхности и в приповерхностной области, знает особенности этих процессов и

основные физико-математические модели их описывающие, оценка составляет 26-35-баллов.

- Ответ на билет (тест) для экзамену билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный и комплексный анализ физико-математических моделей, описывающие процессы на поверхности и в приповерхностном слое, анализирует особенности протекания физических процессов обусловленных наличием границ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов и знает экспериментальные методы, позволяющие определить количественные параметры процессов на поверхности и в приповерхностной области, приводит конкретные примеры из практики, оценка составляет 36- 40 баллов.

3. Шкала оценки

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

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

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Физика поверхности»

1. Классический размерный эффект.
2. Квантовые размерные эффекты в тонких пленках и условия их наблюдения.
3. Размерное квантование в ОПЗ.
4. Область пространственного заряда в условиях термодинамического равновесия. Уравнение Пуассона.
5. Электрическое поле в ОПЗ и на границе раздела. Экранирование свободными и локализованными носителями.
6. Пространственные характеристики ОПЗ. Типы ОПЗ.
7. Электрофизические характеристики ОПЗ. Полный заряд и дифференциальная ёмкость ОПЗ.
8. Квазиравновесие в ОПЗ. Уровни инжекции и уровни Ферми.
9. Природа и свойства поверхностных состояний. Заряд и дифференциальная ёмкость поверхностных состояний.
10. Дискретные и квазинепрерывные энергетические спектры ПС.
11. Темпы захвата и эмиссии носителей на поверхностных состояниях.
12. Центры захвата в термодинамическом равновесии.
13. Центры захвата. Стационарный неравновесный случай.
14. Центры захвата. Нестационарный случай и принципы релаксационной спектроскопии глубоких уровней.
15. Центры рекомбинации в термодинамическом равновесии. Стационарный неравновесный случай
16. Природа поверхностной фотоэдс.
17. Фотоэдс ОПЗ (барьерная фотоэдс).
18. Фотопроводимость в тонких плёнках полупроводников.
19. Электронный перенос в тонких пленках металла.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Физика поверхности», 3 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме «Емкость МДП структур»

включает 6 заданий. Выполняется письменно

Критерии оценки

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

Контрольная работа считается **невыполненной**, если получены правильные ответы на 2 вопроса. Оценка составляет **менее 5** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если выполнено 3 задания. Оценка составляет 5-7 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если задания выполнены все, но есть неточности в ответах. Оценка составляет **8-9** баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если ответы полные и без ошибок. Оценка составляет **10** баллов.

2. Шкала оценки

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

3. Пример варианта контрольной работы

Емкость МДП-структуры.

Вольт-фарадная характеристика (ВФХ).

Эквивалентные схемы на высоких и низких частотах.

Заряд и емкость ОПЗ.

Заряд и емкость ПС.

Поверхностная рекомбинация.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Физика поверхности»,

1. Методика оценки

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны провести анализ объекта диагностирования, выбрать и обосновать диагностические признаки и параметры, выбрать методы исследования, знать особенности и ограничения физико-математических моделей, описывающих процессы на поверхности и в приповерхностном слое. РГЗ(Р) выполняется в форме реферата и презентации.

Обязательные структурные части РГЗ.

- Введение
- Основная часть
- Выводы и заключение
- Список литературы

Оцениваемые позиции:

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует анализ объекта, диагностические признаки не обоснованы, отсутствует физико-математическая модель, описывающая процессы на поверхности и в приповерхностном слое, отсутствует описание особенностей протекания физических процессов обусловленных наличием границ, оценка составляет менее 25 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, отсутствует физико-математическая модель, описывающая процессы на поверхности и в приповерхностном слое, оценка составляет 26-30 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, нет анализа физико-математической модели, описывающей процессы на поверхности и в приповерхностном слое, анализ особенностей протекания физических процессов обусловленных наличием границ, проведен поверхностно, оценка составляет 31-40 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, изложены и проанализированы существующие количественные теории и физико-математические модели, описывающая процессы на поверхности и в приповерхностном слое, проведен их сравнительный анализ, выполнен анализ особенностей протекания физических процессов обусловленных наличием границ, оценка составляет 41-50 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

1. Экспериментальное исследование захвата заряда на электронные ПС методом поля.
2. Исследование поверхностного заряда методом контактной разности потенциалов.
3. Экспериментальное определение зависимости скорости поверхностной рекомбинации от поверхностного потенциала.
4. Образование локализованных электронных состояний при адсорбции.
5. Энергетическая диаграмма МДП-структуры
6. Вольт-фарадные характеристики МДП-структур.
7. Квазистатический C-V метод. (Метод низкочастотных C-V характеристик.)
8. Метод высокочастотных C-V характеристик.
9. Определение величины и профиля концентрации легирующей примеси с помощью C-V характеристик.
10. Определение плотности поверхностных состояний на интерфейсе полупроводник-диэлектрик дифференциальным методом (метод Термана).
11. Определение плотности поверхностных состояний на интерфейсе полупроводник-диэлектрик интегральным методом (метод Берглунда)
12. Экспериментальные методы определения времени жизни неравновесных носителей заряда.
13. Определение параметров МДП-структур с помощью C-V характеристик
14. Пространственные характеристики ОПЗ
15. Фотоэдс поверхностных состояний.
16. Метод поверхностной проводимости.