

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
Нанoeлектроника

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, профиль:
Микроэлектроника и нанoeлектроника

Курс: 4, семестр : 7

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	Вид деятельности	7
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	2
2	Всего часов	72
3	Всего занятий в контактной форме, час.	26
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	6
10	Самостоятельная работа, час.	46
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ
12	Вид аттестации	ДЗ

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

ФГОС введен в действие приказом №218 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 07.04.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, базовая

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

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. Краснопевцев Е. 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.1 способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования; в части следующих результатов обучения:
34. особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах нанoeлектроники, их классификацию;
35. физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания;

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
Нанoeлектроника	
ПК.1.34 особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах нанoeлектроники, их классификацию;	
1. особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах нанoeлектроники, их классификацию;	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.35 физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания;	
2. физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания;	Лекции; 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: Предмет и задачи нанoeлектроники				
1. Задачи нанoeлектроники. Разработка физических основ работы активных приборов с нанометровыми размерами, в первую очередь квантовых. Разработка физических основ технологических процессов. Разработка самих приборов и технологий их изготовления.	0	4	1	Проведение лекции
Дидактическая единица: Технологии получения и методы исследования наноструктур				

2. Эпитаксия .Газофазная эпитаксия, Жидкофазная эпитаксия. Молекулярно-лучевая эпитаксия. МОС гидридная эпитаксия - газофазная эпитаксия из металлогранических соединений и гидридов металлов. Нанотехнологические подходы, использующие сканирующие зонды. Нанолитография. Нанопечать. Оптическая литография. Рентгеновская литография. Электронно-лучевая литография. Ионно-лучевая литография. Литография сканирующими зондами.	0	8	1, 2	Проведение лекции
Дидактическая единица: Квантоворазмерные наноструктуры				
3. Квантовые ямы. Квантовые проволоки. Квантовые точки. Методы получения. Энергетический спектр. Примеры использования квантовых ям в приборах наноэлектроники и оптоэлектроники. Использование квантовых точек для создания однофотонных излучателей и излучателей фотонных пар.	0	6	1, 2	Проведение лекции

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	РГЗ	1, 2	27	2
Выполнение РГЗ: Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 354, [1] с. : ил.				
2	Подготовка к занятиям	1, 2	9	0
Подготовка к лекционным занятиям: Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 354, [1] с. : ил.				
3	Подготовка к аттестации	1, 2	10	4
Подготовка к зачету: Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 354, [1] с. : ил.				

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
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: 7		
<i>Лекция:</i>	20	40
<i>РГЗ:</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, 2010. - 354, [1] с. : ил."		
<i>Зачет:</i>	10	20
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, 2010. - 354, [1] с. : ил."		

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

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Защита РГЗ	Зачет
ПК.1	34. особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах наноэлектроники, их классификацию;	+	+
	35. физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания;	+	+

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

7. Литература

Основная литература

1. Драгунов В. П. Основы наноэлектроники : учебное пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника", специальностям "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и "Микросистемная техника" / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - М., 2006. - 494 с. : ил.

2. 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://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000113265. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
3. Краснопевцев Е. А. Квантовая механика в приложениях к физике твердого тела : [учебное пособие] / Е. А. Краснопевцев ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2010. - 354 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000143972

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 "Znaniium.com" : <http://znaniium.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, 2010. - 354, [1] с. : ил.

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office
- 2 Microsoft Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Комплект оборудования

№	Наименование	Назначение
1	Комплект мультимедийного оборудования	Используется в учебном процессе

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

Нанoeлектроника

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и нaноэлектроника, профиль:
Микроэлектроника и нaноэлектроника

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Наноэлектроника 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 (зачет)
ПК.1 способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	34. особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах наноэлектроники, их классификацию;	Задачи наноэлектроники. Разработка физических основ работы активных приборов с нанометровыми размерами, в первую очередь квантовых. Разработка физических основ технологических процессов. Разработка самих приборов и технологий их изготовления. Квантовые ямы. Квантовые проволоки. Квантовые точки. Методы получения. Энергетический спектр. Примеры использования квантовых ям в приборах наноэлектроники и оптоэлектроники. Использование квантовых точек для создания однофотонных излучателей и излучателей фотонных пар. Эпитаксия. Газофазная эпитаксия, Жидкофазная эпитаксия. Молекулярно-лучевая эпитаксия. МОС гидридная эпитаксия - газофазная эпитаксия из металлогранических соединений и гидридов металлов. Нанотехнологические подходы, использующие сканирующие зонды. Нанолитография. Нанопечать. Оптическая литография. Рентгеновская литография. Электронно-лучевая литография. Ионно-лучевая литография. Литография сканирующими зондами.	РГЗ, разделы 1-12	Зачет, вопросы 1-12
ПК.1	35. физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания;	Квантовые ямы. Квантовые проволоки. Квантовые точки. Методы получения. Энергетический спектр. Примеры использования квантовых ям в приборах наноэлектроники и оптоэлектроники. Использование квантовых точек для создания однофотонных излучателей и излучателей фотонных пар. Эпитаксия. Газофазная	РГЗ, разделы 1-12	Зачет, вопросы 1-12

		эпитаксия, Жидкофазная эпитаксия. Молекулярно-лучевая эпитаксия. МОС гидридная эпитаксия - газофазная эпитаксия из металлогранических соединений и гидридов металлов. Нанотехнологические подходы, использующие сканирующие зонды. Нанолитография. Нанопечать. Оптическая литография. Рентгеновская литография. Электронно-лучевая литография. Ионно-лучевая литография. Литография сканирующими зондами.		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1.

Зачет проводится в устной форме, по билетам.

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

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

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 компетенции ПК.1, 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 зачета

по дисциплине «Нанозлектроника», 7 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Нанозлектроника»

1. Вопрос Квантовый точечный контакт.

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

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, допускает принципиальные ошибки, оценка составляет менее 10 *баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 10-12 *баллов*.
- Ответ на билет для зачета 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, оценка составляет 13-17 *баллов*.
- Ответ на билет для зачета 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 процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок, оценка составляет 18-20 *баллов*.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов из 20 возможных.

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

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Нанoeлектроника»

1. Явления, вызывающие особые свойства объектов нанометрового масштаба.
2. Особенности квантовой проволоки и квантовой точки.
3. Туннельный эффект.
4. Физические основы и возможности туннельного микроскопа.
5. Особенности баллистического транспорта.
6. Формула Ландауэра.
7. Квантовый точечный контакт.
8. Особенности двумерного электронного газа.
9. Спин электрона. Принцип запрета Паули.
10. Гигантское магнитосопротивление.
11. Спин-орбитальное взаимодействие.
12. Спиновый полевой транзистор.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Нанoeлектроника», 7 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны рассчитать характеристики явлений и устройств нанoeлектроники.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны провести качественный и количественный анализ объекта, обосновать диагностические признаки и параметры, воспользоваться определенными законами физики, проанализировать полученные результаты.

Обязательные структурные части РГЗ. качественное описание объекта и цели исследования, количественное решение задачи, анализ результатов.

Оцениваемые позиции: степень выполнения структурных частей РГЗ.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует качественный анализ объекта, оценка составляет менее 20 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, модель явления не соответствует современным требованиям, оценка составляет 20-29 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны, но не оптимизированы, модель явления выбрана без достаточного обоснования, оценка составляет 30-35 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны и оптимизированы, модель явления обоснована, оценка составляет 36-40 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. Явления, вызывающие особые свойства объектов нанометрового масштаба.
2. Особенности квантовой проволоки и квантовой точки.
3. Туннельный эффект.
4. Физические основы и возможности туннельного микроскопа.
5. Особенности баллистического транспорта.
6. Формула Ландауэра.
7. Квантовый точечный контакт.

8. Особенности двумерного электронного газа.
9. Спин электрона. Принцип запрета Паули.
10. Гигантское магнитосопротивление.
11. Спин-орбитальное взаимодействие.
12. Спиновый полевой транзистор.