

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

Кафедра общей физики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА

к.т.н. Вильбергер М. Е.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Физика полупроводников

Образовательная программа: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств,
профиль: Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовом комплексе

Курс: 2, семестр : 4

Факультет мехатроники и автоматизации,

		Семестр
№	Вид деятельности	4
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3
2	Всего часов	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	61
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	5
10	Самостоятельная работа, час.	47
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	ДЗ

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

ФГОС введен в действие приказом №200 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 27.03.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ОФ, протокол заседания кафедры №9 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета мехатроники и автоматизации, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Христофоров В. В.

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Стрельцов С. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Аносов В. Н.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.19 способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами; в части следующих результатов обучения:	
312. знать основы зонной теории электрофизических свойств металлов, полупроводников и диэлектриков	
319. знать основы теории контактных явлений, принципы работы р-п-перехода	
Компетенция ФГОС: ПК.20 способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций; в части следующих результатов обучения:	
у4. уметь проводить лабораторные эксперименты по исследованию электрофизических характеристик приборов твердотельной электроники, анализировать результаты эксперимента и представления их в форме отчёта	

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>Физика полупроводников</i>	
ПК.19.312 знать основы зонной теории электрофизических свойств металлов, полупроводников и диэлектриков	
1.о разнообразии тепловых и электрофизических свойств кристаллических твёрдых тел	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
2.о зонной теории твёрдого тела	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
3.о квантовых и статистических законах, позволяющих объяснить свойства твердых тел	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
4.об элементах кинетической теории, позволяющей описать механизмы рассеяния электронов на несовершенствах кристаллической структуры при наличии внешних полей	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
5.основы зонной теории электрофизических свойств металлов, полупроводников и диэлектриков	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.19.319 знать основы теории контактных явлений, принципы работы р-п-перехода	
6.основы теории контактных явлений, принципы работы р-п-перехода	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.20.у4 уметь проводить лабораторные эксперименты по исследованию электрофизических характеристик приборов твердотельной электроники, анализировать результаты эксперимента и представления их в форме отчёта	
7.проведения лабораторного эксперимента по исследованию электрофизических характеристик приборов твердотельной электроники, анализа результатов эксперимента и представления их в форме отчёта	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
8.проводить инженерный расчет устройств, использующих приборы твердотельной электроники (например, преобразователи мощность-напряжение на основе датчика Холла, стабилизатор напряжения на основе стабилитрона)	Лекции; Самостоятельная работа
9.принципы работы приборов твердотельной электроники	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: физические свойства твердых тел				
1. Строение кристаллов. Экспериментальные методы исследования кристаллов.	0	2	1, 2, 3, 4, 5	Составление конспекта лекций
2. Точечные дефекты в кристаллах. Краевые и винтовые дислокации. Дислокации и пластичность.	0	2	1, 2, 3, 4, 5	Составление конспекта лекций
3. Акустические и оптические типы колебаний кристаллической решетки	0	2	1, 2, 3, 4, 5	Составление конспекта лекций
4. Экспериментальные методы исследования колебательного спектра кристаллов	0	2	1, 2, 3, 4, 5	Составление конспекта лекций
5. Понятие о фононах. Законы дисперсии для акустических и оптических фононов.	0	2	1, 2, 3, 4, 5	Составление конспекта лекций
6. Теплоемкость кристаллов при низких и высоких температурах. Квазиимпульс фонона. Приближение сильной и слабой связи. Модель свободных электронов. Уровень Ферми. Элементы зонной теории кристаллов. Функция Блоха. Зонная структура энергетического спектра электронов. Поверхность Ферми. Число и плотность электронных состояний в зоне. Заполнение зон: металлы, диэлектрики и полупроводники.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9	Составление конспекта лекций
7. Электропроводность металлов. Понятие о дырочной проводимости. Собственные и примесные полупроводники. Электропроводность полупроводников. Металлические и полупроводниковые терморезисторы и их применение. Фотопроводимость полупроводников. Фоторезистор	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 8	Составление конспекта лекций
Дидактическая единица: контактные явления				
2. Контакт металл-полупроводник и его вольтамперная характеристика.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6	Составление конспекта лекций
9. Понятие о р - n переходе.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9	Составление конспекта лекций

11. Вольтамперная характеристика. р - п перехода.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9	Составление конспекта лекций
12. Выпрямляющее действие р-п перехода.	0	2	1, 2, 3, 5, 6, 9	Составление конспекта лекций
Дидактическая единица: приборы твердотельной электроники				
10. Силовые диоды и их применение для выпрямления переменного тока.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9	Составление конспекта лекций
13. Инжекция неосновных носителей. Диффузионная и зарядовая емкости перехода.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9	Составление конспекта лекций
14. Импульсные диоды. Пробой перехода. Стабилитроны и их применение.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9	Составление конспекта лекций
15. Светодиоды. Фотодиоды.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9	Составление конспекта лекций
16. N-р-п и р-п-р транзисторы. Энергетические диаграммы.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9	Составление конспекта лекций
17. Статические характеристики биполярного транзистора. Основные схемы включения транзистора. Основные параметры биполярного транзистора. Применение транзисторов для усиления сигналов и в линейных стабилизаторах напряжения. Особенности использования транзисторов в импульсном режиме.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9	Составление конспекта лекций
18. Полевые транзисторы. Ключевые приборы. Операционные усилители.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9	Составление конспекта лекций

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: физические свойства твердых тел				
1. Определение ширины запрещенной зоны полупроводника	0	4	1, 2, 3, 4, 5, 7	Проведение учебного эксперимента, обработка, анализ и защита его результатов
Дидактическая единица: контактные явления				
2. Исследование полупроводникового диода	0	4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	Проведение учебного эксперимента, обработка, анализ и защита его результатов
Дидактическая единица: приборы твердотельной электроники				
3. Исследование свойств терморезистора	0	6	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9	Проведение учебного эксперимента, обработка, анализ и защита его результатов

4. Исследование свойств фоторезистора	0	4	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9	Проведение учебного эксперимента, обработка, анализ и защита его результатов
---------------------------------------	---	---	---------------------	--

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 4				
1	Подготовка к контрольной работе	1, 2, 3, 8, 9	10	1
Изучает теоретический материал, решает типовые задачи: Физические основы электроники : сборник задач для 3 курса ЭМФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. М. Погорельский, В. В. Христофоров, С. И. Вашуков]. - Новосибирск, 2008. - 27, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3587.rar				
2	Подготовка к выполнению РГЗ	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9	10	1
Изучает теоретический материал, решает типовые задачи: Физические основы электроники : методические указания к расчетно-графической работе № 2 по теме "Расчет стабилизатора напряжения" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. М. Погорельский, О. Ю. Рубцова, В. В. Христофоров]. - Новосибирск, 2008. - 9, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3586.rar Физические основы электроники : методические указания к расчетно-графической работе для дневного отделения ЭМФ по теме "Расчет датчика мощности" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. М. Погорельский, О. Ю. Рубцова, В. В. Христофоров]. - Новосибирск, 2008. - 15, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3452.rar				
3	Подготовка лабораторным занятиям	2, 7, 8	15	2
Изучает теоретический материал, знакомится с ходом выполнения работы: Физика твердого тела : методическое руководство к лабораторным работам № 40-45 по физике / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Н. Поддымников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 74 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000023716 Физика твердого тела. Физические основы электроники : методическое руководство к лабораторным работам № 40-44, 48 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Н. Поддымников и др.]. - Новосибирск, 2011. - 65, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2011/11_3983.pdf Физика твердого тела : вопросы для защиты лабораторных работ по физике : методические указания для студентов, выполняющих лабораторный практикум по курсу физики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Баранов, В. В. Давыдов, В. В. Христофоров]. - Новосибирск, 2010. - 14, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000151215				
4	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 8, 9	12	1
Студент консультируется с преподавателем по вопросам теории, решения задач и организации учебной деятельности.: Физические основы электроники : сборник задач для 3 курса ЭМФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. М. Погорельский, В. В. Христофоров, С. И. Вашуков]. - Новосибирск, 2008. - 27, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3587.rar				

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:xristoforov@corp.nstu.ru; Личный типовой сайт; Портал НГТУ:www.nstu.ru
Консультирование	e-mail:xristoforov@corp.nstu.ru; Личный типовой сайт; Портал НГТУ:www.nstu.ru

Контроль	e-mail:xristoforov@corp.nstu.ru; Среда электронного обучения НГТУ: http://dispace.edu.nstu.ru/
Размещение учебных материалов	Личный типовой сайт; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ: http://dispace.edu.nstu.ru/

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: 4		
Лабораторная №1:	3	5
Контролирующие материалы приводятся в "Физика твердого тела : вопросы для защиты лабораторных работ по физике : методические указания для студентов, выполняющих лабораторный практикум по курсу физики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Баранов, В. В. Давыдков, В. В. Христофоров]. - Новосибирск, 2010. - 14, [2] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vds000151215 "		
Лабораторная №2:	3	5
Контролирующие материалы приводятся в "Физика твердого тела : вопросы для защиты лабораторных работ по физике : методические указания для студентов, выполняющих лабораторный практикум по курсу физики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Баранов, В. В. Давыдков, В. В. Христофоров]. - Новосибирск, 2010. - 14, [2] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vds000151215 "		
Лабораторная №3:	3	5
Контролирующие материалы приводятся в "Физика твердого тела : вопросы для защиты лабораторных работ по физике : методические указания для студентов, выполняющих лабораторный практикум по курсу физики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Баранов, В. В. Давыдков, В. В. Христофоров]. - Новосибирск, 2010. - 14, [2] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vds000151215 "		
Лабораторная №4:	3	5
Контролирующие материалы приводятся в "Физика твердого тела : вопросы для защиты лабораторных работ по физике : методические указания для студентов, выполняющих лабораторный практикум по курсу физики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Баранов, В. В. Давыдков, В. В. Христофоров]. - Новосибирск, 2010. - 14, [2] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vds000151215 "		
Контрольные работы:	15	30
РГЗ:	15	30
Зачет:	10	20

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 Л/Р	Контр. раб.	Защита РГЗ	Зачет
ПК.19	з12. знать основы зонной теории электрофизических свойств металлов, полупроводников и диэлектриков			+	+
	з19. знать основы теории контактных явлений, принципы работы р-п-перехода			+	+
ПК.20	у4. уметь проводить лабораторные эксперименты по исследованию электрофизических характеристик приборов твердотельной электроники, анализировать результаты эксперимента и представления их в форме отчёта	+	+	+	+

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

7. Литература

Основная литература

1. Епифанов Г. И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Епифанов. - СПб. [и др.], 2010. - 287, [1] с. : ил., табл.
2. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю. А. Стрекалов, Н. А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-369-00967-3, 500 экз. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=363421> - Загл. с экрана.
3. Краснопевцев Е. А. Квантовая механика в приложениях к физике твердого тела : [учебное пособие] / Е. А. Краснопевцев. - Новосибирск, 2010. - 354 с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/krasnopev.pdf>

Дополнительная литература

1. Винтайкин Б. Е. Физика твердого тела : [учебное пособие для вузов по техническим направлениям подготовки и специальностям] / Б. Е. Винтайкин. - М., 2008. - 358, [1] с. : ил.
2. Физика твердого тела : методическое руководство к лабораторным работам № 40-45 по физике / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Н. Поддымников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 74 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000023716
3. Гинзбург И. Ф. Введение в физику твердого тела. Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела : учебное пособие / И. Ф. Гинзбург. - СПб. [и др.], 2007. - 537 с. : ил.
4. Гуртов В. А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; науч. ред. Л. А. Алешина. - М., 2007. - 518 с.
5. Зиненко В. И. Основы физики твердого тела : учебное пособие по физике твердого тела для вузов / В. И. Зиненко, Б. П. Сорокин, П. П. Турчин. - М., 2001. - 335 с. : ил., табл.
6. Матухин В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - СПб. [и др.], 2010. - 218 с. : ил.
7. Протасов Ю. С. Твердотельная электроника : учебное пособие для вузов по направлению "Техническая физика" / Ю. С. Протасов, С. Н. Чувашев. - М., 2003. - 479 с. : ил.
8. Савельев И. В. Курс общей физики. В 5 кн.. Кн. 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц : Учеб. пособие для вузов. - М., 2001. - 368 с. : ил.
9. Савельев И. В. Курс общей физики. В 5 кн.. Кн. 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц : [учебное пособие для вузов] / И. В. Савельев. - М., 2007. - 368 с. : ил.
10. Спиридонов О. П. Физические основы твердотельной электроники : [учебное пособие для вузов по техническим направлениям подготовки и специальностям] / О. П. Спиридонов. - М., 2008. - 190, [1] 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 "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Физика твердого тела : вопросы для защиты лабораторных работ по физике : методические указания для студентов, выполняющих лабораторный практикум по курсу физики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Баранов, В. В. Давыдков, В. В. Христофоров]. - Новосибирск, 2010. - 14, [2] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000151215
2. Физика твердого тела. Физические основы электроники : методическое руководство к лабораторным работам № 40-44, 48 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Н. Поддымников и др.]. - Новосибирск, 2011. - 65, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2011/11_3983.pdf
3. Физические основы электроники : методические указания к расчетно-графической работе № 2 по теме "Расчет стабилизатора напряжения" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. М. Погорельский, О. Ю. Рубцова, В. В. Христофоров]. - Новосибирск, 2008. - 9, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3586.rar>
4. Физические основы электроники : методические указания к расчетно-графической работе для дневного отделения ЭМФ по теме "Расчет датчика мощности" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. М. Погорельский, О. Ю. Рубцова, В. В. Христофоров]. - Новосибирск, 2008. - 15, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3452.rar>
5. Физические основы электроники : сборник задач для 3 курса ЭМФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. М. Погорельский, В. В. Христофоров, С. И. Вашуков]. - Новосибирск, 2008. - 27, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3587.rar>

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office
- 2 Microsoft Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс №25	Используется для выполнения лабораторных работ
2	Модульно учебный комплекс	Используется для выполнения лабораторных работ

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Комплект оборудования мультимедийных аудиторий №1, IV-4	Применяется при чтении лекций
2	Интерактивный дисплей Sympodium ID370 17"с защитой	Применяется при чтении лекций
3	Модуль расширения МР-ОК1	Используется для выполнения лабораторных работ

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

Кафедра общей физики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА
к.т.н., доцент М.Е. Вильбергер
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика полупроводников

Образовательная программа: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, профиль: Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовом комплексе

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Физика полупроводников 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.19/НИ способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами	з11. знать основы зонной теории электрофизических свойств металлов, полупроводников и диэлектриков	Электропроводность металлов. Понятие о дырочной проводимости. Собственные и примесные полупроводники. Электропроводность полупроводников. Металлические и полупроводниковые терморезисторы и их применение. Фотопроводимость полупроводников. Фоторезистор Акустические и оптические типы колебаний кристаллической решетки Контакт металл-полупроводник и его вольтамперная характеристика. Определение ширины запрещенной зоны полупроводника Понятие о фононах. Законы дисперсии для акустических и оптических фононов. Силовые диоды и их применение для выпрямления переменного тока.	РГЗ за 4семестр, раздел: «Расчет стабилизатора напряжения»	Зачет за 4семестр, вопросы 1-25;
ПК.19/НИ	з18. знать основы теории контактных явлений, принципы работы р-п-перехода	Вольтамперная характеристика. р - п перехода.	РГЗ за 4семестр, раздел: «Расчет стабилизатора напряжения»	Зачет за 4семестр, вопросы 26-27;
ПК.20/НИ способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных	у4. уметь проводить лабораторные эксперименты по исследованию электрофизических характеристик приборов твердотельной электроники, анализировать результаты эксперимента и представления их в форме отчёта	Импульсные диоды. Пробой перехода. Стабилитроны и их применение. Светодиоды. Фотодиоды. Статические характеристики биполярного транзистора. Основные схемы включения транзистора. Основные параметры биполярного транзистора. Применение транзисторов для усиления сигналов и в линейных стабилизаторах напряжения. Особенности использования транзисторов в импульсном режиме. Электропроводность	Контрольные работы за 4семестр, раздел: «Расчет датчика мощности» Лабораторная работа: защита и отчет по лабораторным работам № 40, 42, 43, 44 за 4семестр; РГЗ за 4семестр, раздел: «Расчет стабилизатора напряжения»	Зачет за 4семестр, вопросы 28-42;

обзоров и публикаций		металлов. Понятие о дырочной проводимости. Собственные и примесные полупроводники. Электропроводность полупроводников. Металлические и полупроводниковые терморезисторы и их применение. Фотопроводимость полупроводников. Фоторезистор N-p-n и p-n-p транзисторы. Энергетические диаграммы. Вольтамперная характеристика. p - n перехода. Исследование полупроводникового диода Исследование свойств терморезистора Исследование свойств фоторезистора Определение ширины запрещенной зоны полупроводника Подготовка к выполнению РГЗ Полевые транзисторы. Ключевые приборы. Операционные усилители.		
----------------------	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.19/НИ, ПК.20/НИ.

Зачет в устной форме по билетам, билеты составляются из вопросов, приведенных в паспорте зачета, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций

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

В 4 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 дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.19/НИ, ПК.20/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.

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

Паспорт зачета

по дисциплине «Физика полупроводников», 4 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-21, второй вопрос из диапазона вопросов 21-42 (список вопросов приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФМА

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Физика полупроводников»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

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

Пример билета для зачета

1. Собственные полупроводники. Механизм возникновения носителей заряда. Зависимость концентрации носителей заряда от температуры для невырожденных и вырожденных полупроводников.
2. Пробой р-п-перехода. Лавинные диоды, стабилитроны.

Утверждаю: зав. кафедрой ОФ _____ Стрельцов С.А.
(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 0-9 баллов.

Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент дает определение основных понятий, называет основные физические величины, записывает физические законы. Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Оценка составляет 10 баллов.

Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент формулирует основные гипотезы, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий. 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.

Оценка составляет 15 баллов.

Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если 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.

Оценка составляет 20 баллов.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям теста 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 «Физика полупроводников»

1. Кристаллическая решетка. Индексы Миллера.
2. Анизотропия. Моно- и поликристаллы. Полиморфизм. Дефекты в кристаллах, фононы.
3. Колебания линейной цепочки из одинаковых атомов, дисперсионные кривые.
4. Особенности колебаний атомов в линейной цепочке, состоящей из атомов двух сортов, и в трехмерной решетке.
5. Классическая теория теплоемкости Дюлонга-Пти.
6. Теория теплоемкости твердых тел Дебая. Температура Дебая.
7. Квантовая теория свободных электронов в металле. Теплоемкость электронного газа.
8. Зонная теория твердых тел. Приближение сильной связи.
9. Зонная теория твердых тел. Приближение слабой связи. Выводы по приближениям сильной и слабой связи.
10. Движение электрона в периодическом поле кристаллической решетки под действием внешней силы. Эффективная масса носителя заряда. Понятие о дырке, как носителе заряда.
11. Подвижность носителей заряда. Выражение удельной электропроводности через концентрацию и подвижность носителей. Зависимость подвижности от температуры. Электропроводность металлов.
12. Металлы, диэлектрики, собственные и примесные полупроводники с точки зрения зонной теории. Электрический ток с точки зрения зонной теории.
13. Собственные полупроводники. Механизм возникновения носителей заряда. Зависимость концентрации носителей заряда от температуры для невырожденных и вырожденных полупроводников.
14. Положение уровня энергии Ферми в собственных невырожденных полупроводниках.
15. Зависимость электропроводности собственных невырожденных полупроводников от ширины запрещенной зоны и температуры. Экспериментальное определение ширины запрещенной зоны.

16. Примесные полупроводники. Механизм возникновения основных и неосновных носителей заряда. Подвижность носителей заряда в примесных полупроводниках.
17. Положение уровня энергии Ферми в примесных полупроводниках. Зависимость концентрации основных носителей заряда в примесных полупроводниках от энергии активации примеси.
18. Электропроводность невырожденных примесных полупроводников.
19. Терморезисторы.
20. Контакты, их виды. Контакт двух металлов. Контактная разность потенциалов. Омический контакт.
21. Получение р-п-перехода. Равновесное состояние. Зонная диаграмма. Высота потенциального барьера в равновесном состоянии.
22. Электрическое поле барьера при равновесном состоянии р-п-перехода.
23. Ширина барьера при равновесном состоянии р-п-перехода, ее связь с контактной разностью потенциалов.
24. Прямое подключение р-п-перехода. Инжекция носителей тока. Понятие диффузионной длины.
25. Обратное подключение р-п-перехода.
26. ВАХ р-п-перехода. Выпрямляющее действие р-п-перехода.
27. Особенности ВАХ кремниевых и арсенид-галлиевых р-п-переходов.
28. Электрическая емкость р-п-перехода. Варикапы.
29. Пробой р-п-перехода. Лавинные диоды, стабилитроны.
30. Эффект Холла.
31. Биполярный транзистор. Принцип работы. Рабочие токи транзистора. Сопротивление эмиттерного и коллекторного р-п-переходов.
32. Подключение биполярного транзистора по схеме усилителя с общей базой.
33. Подключение биполярного транзистора по схеме усилителя с общим эмиттером.
34. Полевые транзисторы.
35. Ключевые приборы.
36. Операционные усилители.
37. Применение транзисторов в линейных стабилизаторах напряжения.
38. Особенности применения транзисторов в импульсном режиме.
39. Импульсные диоды.
40. Светодиоды. Фотодиоды.
41. Контакт металл-полупроводник и его вольтамперная характеристика.
42. Фотопроводимость полупроводников. Фоторезистор.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Физика полупроводников», 4 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме – «Расчет датчика мощности». Выполняется письменно. Оценивается правильность выполнения расчетов.

В рамках контрольной работы по дисциплине студенты должны рассчитать преобразователь мощность-напряжение на основе эффекта Холла и коэффициент передачи согласующего устройства датчика с вольтметром.

Варианты контрольной работы приведены в пособии «Физические основы электроники» методические указания к расчетно-графической работе по теме «Расчет датчика мощности» / Новосиб. гос. техн ун-т ; [сост. : А.М.Погорельский и др.]. - Новосибирск, 2008. - 16 с.

Форма задания для контрольной работы

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФМА

Вариант № _____

по дисциплине «Физика полупроводников», 4 семестр
(наименование дисциплины)

Исходные данные для расчета

№ варианта (цифры в зачетной книжке)	P_{max} , Вт	Тип токопровода	Напряжение сети U , В	Частота сети, Гц	t_{max} , °С	$U_{вых max}$, В
--	----------------	--------------------	-------------------------------	------------------------	----------------	-------------------

2. Критерии оценки

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

- Работа считается **не выполненной**, если пробелы в теоретическом содержании курса носят существенный характер, необходимые практические навыки работы не сформированы, при расчете датчика мощности допускаются принципиальные ошибки. оценка составляет 0-14 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если студент дает определение основных понятий, называет основные физические величины, записывает физические законы, элементы схемы преобразователя выбраны верно, результаты расчета верны. Оценка составляет 15 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если элементы схемы преобразователя выбраны верно, результаты расчета верны, формулирует основные гипотезы, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий.

Оценка составляет 20 баллов.

- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если элементы схемы преобразователя выбраны верно, результаты расчета верны, 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.

Оценка составляет 30 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

Цель работы – рассчитать преобразователь мощность-напряжение на основе эффекта Холла и коэффициент передачи согласующего устройства датчика с вольтметром.

Исходные данные для расчета

№ варианта (цифры в зачетной книжке)	P_{max} , Вт	Тип токопровода	Напряжение сети U , В	Частота сети, Гц	t_{max} , °C	$U_{вых max}$, В
1 (01, 21, 41, 61, 81)	10000 Активная	Шина, $h=8$ см	500	0	100	10

Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Физика полупроводников», 4 семестр

РГЗ проводится по теме: параметрические стабилизаторы напряжения. Выполняется письменно. Защита РГЗ проходит в устной форме. Оценивается правильность выполнения расчетов и устный ответ при защите РГЗ.

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны провести расчет стабилизатора напряжения, основным элементом которого является стабилитрон. Варианты РГЗ приведены в пособии «Физические основы электроники» методические указания к расчетно-графической работе по теме «Расчет стабилизатора напряжения» / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. : А.М.Погорельский и др.]. - Новосибирск, 2008. - 10 с. В пособии приведены правила оформления РГЗ.

Форма задания для расчетно-графического задания

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФМА

Вариант РГЗ № _____

по дисциплине «Физика полупроводников», 4 семестр
(наименование дисциплины)

Цель задания: _____

Для расчета стабилизатора заданы: _____

№ варианта	$U_{вх}$, В	$\Delta U_{вх}$, В	$U_{вых}$, В	$\Delta U_{вых}$, В	I_n , мА	ΔI_n , мА	t , °С
---------------	--------------	---------------------	---------------	----------------------	------------	-------------------	----------

1. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ, при расчете стабилизатора допускаются принципиальные ошибки, студент набирает менее 15 баллов.
оценка составляет 0-14 баллов.
- Работа считается **выполненной на пороговом** уровне, если части РГЗ выполнены формально: студент дает определение основных понятий, называет основные физические величины, записывает физические законы, элементы схемы стабилизатора выбраны верно, результаты расчета верны.
Оценка составляет 15 баллов.
- Работа считается **выполненной на базовом** уровне, если элементы схемы стабилизатора выбраны верно, результаты расчета верны, студент формулирует основные гипотезы, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий.
Оценка составляет 20 баллов.
- Работа считается **выполненной на продвинутом** уровне, если элементы схемы стабилизатора выбраны верно, результаты расчета верны, 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.

Оценка составляет 30 баллов.

2. Шкала оценки

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

3. Примерный перечень тем РГЗ

Пример типового варианта расчетно-графического задания

Цель задания: провести расчет стабилизатора напряжения, основным элементом которого является стабилитрон.

Для расчета стабилизатора заданы:

$U_{вх}$ – напряжение источника;

$\Delta U_{вх}$ – пределы изменения входного напряжения;

$U_{вых}$ – выходное напряжение;

$\Delta U_{вых}$ – пределы изменения выходного напряжения;

I_n – ток нагрузки;

ΔI_n – пределы изменения тока нагрузки;

t – температуры, при которых стабилизатор должен поддерживать заданное напряжение в заданных пределах.

№ вари анта	$U_{вх}$, В	$\Delta U_{вх}$, В	$U_{вых}$, В	$\Delta U_{вых}$, В	I_n , мА	ΔI_n , мА	t , °C
1	20	± 3	10	$\pm 0,5$	50	10	-20 ± 50

Паспорт лабораторной работы

по дисциплине «Физика полупроводников», 4 семестр

1. Методика оценки

Студент должен сдать протокол измерений и защитить лабораторную работу. Защита лабораторной работы включает в себя устные ответы на контрольные вопросы, предлагаемые студентам из методических пособий:

- Механика и электростатика. Вопросы для защиты лабораторных работ по физике : методические указания для выполняющих лабораторный практикум по физике / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Баранов, В. В. Давыдков, В. В. Христофоров]. - Новосибирск, 2011. - 16 с.
- Электричество и магнетизм : вопросы для защиты лабораторных работ по физике : методические указания для студентов 1-2 курсов всех факультетов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Баранов, В. В. Давыдков, В. В. Христофоров]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ , 2012. – 15 с.
- Колебания и волны. Вопросы для защиты лабораторных работ : метод. пособие по физике для студентов 1 и 2 курсов / А. В. Баранов, В. В. Давыдков, В. В. Христофоров. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. - 32 с
- Оптика. Вопросы для защиты лабораторных работ по физике. Методические указания. : учеб.-метод. пособие / А. В. Баранов, В. В. Давыдков, В. В. Христофоров. - : Издательство НГТУ, 2009. - 16 с.
- Физика твёрдого тела. Вопросы для защиты лабораторных работ по физике. Методические указания. : учеб.-метод. пособие / А. В. Баранов, В. В. Христофоров, В. В. Давыдков. - : Изд-во НГТУ, 2010. - 16 с.

Протокол лабораторной работы состоит из титульного листа, отчета и графиков, выполненных на миллиметровой бумаге. Формат листов протокола – А4. Экспериментальные данные, графики, расчеты и выводы допускается оформлять только в рукописной форме

Более подробные рекомендации по математической обработке и представлению результатов измерения физических величин, построению таблиц, графиков и оформлению протокола лабораторных работ изложены в лабораторном практикуме, приведенном в рабочей программе дисциплины.

2. Критерии оценки

Каждая лабораторная работа оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Работа считается **невыполненной** если пробелы в теоретическом содержании курса носят существенный характер, необходимые практические навыки работы не сформированы, при ответе на вопросы допускаются принципиальные ошибки. Студент не выполнил экспериментальное исследование, неверно оформил отчет или не защитил работу на минимальном первом уровне.

Оценка составляет 0-2 баллов.

Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если теоретическое содержание необходимого раздела освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, оценка соответствует минимальному баллу по БРС. Студентом выполнены экспериментальные исследования, в соответствии с заданием к лабораторной работе, оформлен отчет, даны правильные ответы на три контрольных вопроса первого уровня.

Оценка составляет 3 *балла*.

Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если теоретическое содержание необходимого раздела освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно. Студентом выполнены экспериментальные исследования, в соответствии с заданием к лабораторной работе, оформлен отчет, дан правильный ответ на контрольный вопрос второго уровня.

Оценка составляет 4 *балла*.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если теоретическое содержание необходимого раздела освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные учебные задания выполнены, оценка соответствует максимальному баллу по БРС. Студентом выполнены экспериментальные исследования, в соответствии с заданием к лабораторной работе, оформлен отчет, дан правильный ответ на контрольный вопрос третьего уровня.

Оценка составляет 5 *баллов*.

Шкала оценки

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