

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Ватнов З.О. Ф.И.О.

_____ 2018г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Фотоэлектрические явления в полупроводниках

(наименование дисциплины)

Основной профессиональной образовательной программы

магистратуры

(академического (ой)/прикладного (ой) бакалавриата/магистратуры)

03.04.02 «Физика»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

«Физика полупроводников»

(наименование профиля подготовки (при наличии))

Квалификация выпускника

магистр

Форма обучения

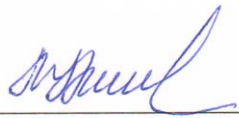
очная

(очная, заочная)

МАГАС, 2018 г.

Составители рабочей программы

Доцент каф.общей физики, к.ф.-м.н. Нальгиева М. А.

 / _____ /

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры общей физики

Протокол заседания № 8 от « 23 » апреле 2018 г.

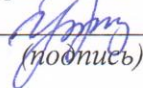
Заведующий кафедрой

 / Торшхоева З. С./

Рабочая программа одобрена учебно-методическим советом физико-математического факультета.

Протокол заседания № 4 от « 4 » мая 2018 г.

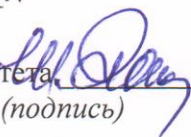
Председатель учебно-методического совета

 / Ташкханов У.А. /
(подпись) (Ф. И. О.)

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета

протокол № 9 от « 23 » мая 2018 г.

Председатель Учебно-методического совета университета

 / Ташкханов У.А. /
(подпись) (Ф. И. О.)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Фотоэлектрические явления в полупроводниках» относится к дисциплинам магистерской подготовки, формирующим современную точку зрения на приоритетные направления развития, в частности, электроники и средства реализации идей микро- и нанoeлектроники. Данная дисциплина изучается во 2-м семестре.

В области воспитания личности целью подготовки по данной дисциплине является формирование социально-личностных качеств студентов: целеустремленности, организованности, трудолюбия, ответственности, гражданственности, коммуникативности, толерантности.

К задачам изучения дисциплины относится получение знаний по основным направлениям развития электроники и нанoeлектроники, умений применять данные знания для создания новых твердотельных, в том числе низкоразмерных сред при производстве электронных устройств нового поколения, овладение методами экспериментального исследования, сведениями о современных технологиях изготовления устройств нанoeлектроники.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части базового блока Б1.В.ДВ.4

Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Дисциплина «Фотоэлектрические явления в полупроводниках» является логическим продолжением таких дисциплин, как «Физика полупроводников» и «Физика полупроводниковых приборов», которые изучаются на 1-ом и 2-ом курсах. Для освоения данной дисциплины студенты должны владеть знаниями о фотопроводимости, подвижности, концентрации основных и неосновных носителей заряда, о полупроводниковых приборах и т.д. Знания, полученные по данной дисциплине, применяются на преддипломной практике на 2-ом курсе 4-го семестра и при написании и защиты выпускной квалификационной работы.

Таблица 2.1.

Связь дисциплины «Фотоэлектрические явления в полупроводниках» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Фотоэлектрические явления в полупроводниках»	Семестр
Б1.В.ОД.6	Современные проблемы физики	1
Б1.В.ОД.1	Современные проблемы науки и производства	1, 2
Б1.В.ДВ.5	Физика полупроводников	1, 2

Таблица 2.2.

Связь дисциплины «Фотоэлектрические явления в полупроводниках» с последующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Фотоэлектрические явления в полупроводниках»	Семестр
Б2.П.2	Практика по закр. проф. умений и навыков	4
Б2.П.4	Преддипломная практика	4

Таблица 2.3.

Связь дисциплины «Фотоэлектрические явления в полупроводниках» со смежными дисциплинами

Код дисциплины	Дисциплины, смежные с дисциплиной «Фотоэлектрические явления в полупроводниках»	Семестр
Б.1.Б.2	Специальный физический практикум	3
Б1.В.ДВ.2	Физика полупроводниковых приборов	3

3. КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности (ПК-3);

способностью планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции (ПК-4);

Таблица 3.1

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Перечень компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения образовательной программы	Степень реализации компетенции при изучении дисциплины (модуля)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)		
		Знания	Умения	Владения (навыки)
профессиональные компетенции				
ПК-3	полностью	Знать ключевые разделы физики на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов, а так же принципы верификации разрабатываемых методов	Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи	Владеть навыками разработки новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности
ПК-4	полностью	Знать основные методы планирования и организации физических исследований, в	Уметь выделять и систематизировать основные результаты эксперимен-	Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных

		том числе - междисциплинарного характера	тальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов	достижений и результатов деятельности по решению исследовательских (и практических) задач, в том числе в междисциплинарных областях
--	--	--	---	---

Таблица 3.2.

Планируемые результаты обучения по уровням сформированности компетенций

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3	4	5
Первый этап (базовый, пороговый) (ПК-3)	Знать ключевые разделы физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов	Фрагментарные знания ключевых разделов физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание ключевых разделов физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание ключевых разделов физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов	Полностью сформированное и системное знание ключевых разделов физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов
	Знать принципы разработки новых методов (методик) исследований структуры и свойств материалов	Фрагментарные знания принципов разработки новых методов (методик) исследований структуры и свойств материалов	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание принципов разработки новых методов (методик) исследований структуры и свойств материалов	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание принципов разработки новых методов (методик) исследований структуры и свойств материалов	Полностью сформированное и системное знание принципов разработки новых методов (методик) исследований структуры и свойств материалов
	Знать принципы верификации разрабатываемых методов (методик)	Фрагментарные знания принципов верификации разрабатываемых методов (методик)	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание принципов верификации разрабатываемых методов (методик)	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание принципов верификации разрабатываемых методов (методик)	Полностью сформированное и системное знание принципов верификации разрабатываемых методов (методик)
	Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи	Частично освоенное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи	Сформированное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи
	Владеть навыками разработки новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	Фрагментарное применение навыков разработки новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	В целом успешное, но не систематическое применение навыков разработки новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков разработки новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	Успешное и систематическое применение навыков разработки новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности
	Владеть навыками планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов	Фрагментарное применение навыков планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов	В целом успешное, но не систематическое применение навыков планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов	Успешное и систематическое применение навыков планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов

Этап (уровень) освоения компетенции*	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3	4	5
Первый этап (базовый, пороговый) (ПК-4)	Знать основные методы планирования и организации физических исследований, в том числе - междисциплинарного характера	Фрагментарные знания основных методов планирования и организации физических исследований, в том числе – междисциплинарного характера	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание основных методов планирования и организации физических исследований, в том числе – междисциплинарного характера	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание основных методов планирования и организации физических исследований, в том числе - Междисциплинарного характера	Полностью сформированное и системное знание основных методов планирования и организации физических исследований, в том числе - междисциплинарного характера
	Знать основные этапы (правила) организации и работы научных семинаров и конференций	Фрагментарные знания основных этапов (правил) организации и работы научных семинаров и конференций	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание основных этапов (правил) организации и работы научных семинаров и конференций	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание основных этапов (правил) организации и работы научных семинаров и конференций	Полностью сформированное и системное знание основных этапов (правил) организации и работы научных семинаров и конференций
	Уметь выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов	Частично освоенное умение выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов	В целом успешное, но не системное умение выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов	Полностью сформированное умение выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов
	Уметь использовать технологии планирования сложных научных исследований, в том числе - междисциплинарного характера	Частично освоенное умение использовать технологии планирования сложных научных исследований, в том числе – междисциплинарного характера	В целом успешное, но не системное умение использовать технологии планирования сложных научных исследований, в том числе – междисциплинарного характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать технологии планирования сложных научных исследований, в том числе – междисциплинарного характера	Полностью сформированное умение использовать технологии планирования сложных научных исследований, в том числе междисциплинарного характера
	Уметь самостоятельно и в составе научно-производственного коллектива решать конкретные задачи профессиональной деятельности при выполнении физических исследований	Частично освоенное умение самостоятельно и в составе научно-производственного коллектива решать конкретные задачи профессиональной деятельности при выполнении физических исследований	В целом успешное, но не системное умение самостоятельно и в составе научно-производственного коллектива решать конкретные задачи профессиональной деятельности при выполнении физических исследований	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение самостоятельно и в составе научно-производственного коллектива решать конкретные задачи профессиональной деятельности при выполнении физических исследований	Полностью сформированное умение самостоятельно и в составе научно-производственного коллектива решать конкретные задачи профессиональной деятельности при выполнении физических исследований
	Уметь организовывать научные семинары и конференции	Частично освоенное умение организовывать научные семинары и конференции	В целом успешное, но не системное умение организовывать научные семинары и конференции	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение организовывать научные семинары и конференции	Полностью сформированное умение организовывать научные семинары и конференции
	Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Фрагментарное применение навыков критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	В целом успешное, но не систематическое применение навыков критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Успешное и систематическое применение навыков критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях

Владеть навыками коммуникации с ведущими учеными в режиме «научной конференции» или «научного семинара»	Фрагментарное применение навыков коммуникации с ведущими учеными в режиме «научной конференции» или «научного семинара»	В целом успешное, но не систематическое применение навыков коммуникации с ведущими учеными в режиме «научной конференции» или «научного семинара»	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков коммуникации с ведущими учеными в режиме «научной конференции» или «научного семинара»	Успешное и систематическое применение навыков коммуникации с ведущими учеными в режиме «научной конференции» или «научного семинара»
Владеть навыками организационной деятельности (в части организации научных семинаров для небольших научных групп)	Фрагментарное применение навыков организационной деятельности (в части организации научных семинаров для небольших научных групп)	В целом успешное, но не систематическое применение навыков организационной деятельности (в части организации научных семинаров для небольших научных групп)	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков организационной деятельности (в части организации научных семинаров для небольших научных групп)	Успешное и систематическое применение навыков организационной деятельности (в части организации научных семинаров для небольших научных групп)

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Структура и содержание дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость	144
Аудиторные занятия	38
Лекции	18
Практические занятия	18
Лабораторные занятия	
Контроль самостоятельной работы	2
Самостоятельная работа	52
Промежуточная форма контроля -	
Итоговая форма контроля - Э	54
Зачетные единицы	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Таблица 5.1.

Распределение учебных часов по темам и видам учебных занятий (общая трудоемкость учебной дисциплины — 4 зачетных единиц)

Раздел, тема программы учебной дисциплины	Трудоемкость (час)			
	Всего	В том числе по видам учебных занятий		
		Лекции	Семинары, практические занятия	Лабораторные работы
Раздел 1. ФОТОПРОВОДИМОСТЬ	24	12		12
Тема 1 ФОТОАКТИВНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ И	6	3		3

ВНУТРЕННИЙ ФОТОЭФФЕКТ				
Тема 2 ФОТОПРОВОДИМОСТЬ. ДВИЖЕНИЕ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ФОТОПРОВОДНИКАХ	6	3		3
Тема 3 РЕКОМБИНАЦИЯ В ФОТОПРОВОДНИКАХ	6	3		3
Тема 4 ФОТОПРОВОДИМОСТЬ НЕОДНОРОДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ	6	3		3
Раздел 2 ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ И ДРУГИЕ ЭФФЕКТЫ	12	6		6
Тема 1 ВИДЫ ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА	4	2		2
Тема 2 ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ. ФОТОДИОД	4	2		2
Тема 3 СПЕКТРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОПРОВОДИМОСТИ	4	2		2
Итого аудиторных часов	36	18		18
Самостоятельная работа студента, в том числе: - в аудитории под контро- лем преподавателя - внеаудиторная работа	2			
Экзамен	54			
Всего часов на освоение учебного материала	144			

5.2 Содержание модулей курса

Тема 1 ФОТОПРОВОДИМОСТЬ

Для изучения данной темы обучающийся должен:

Знать:

- основные физические явления, определяющие концентрацию и энергетический спектр носителей заряда в твердом теле;
- физические механизмы переноса и рассеяния носителей заряда в полупроводниках;

Уметь:

- проводить оценки основных параметров, характеризующих физические процессы в полупроводниках и полупроводниковых устройствах;
- пользоваться монографической, а также периодической научно-технической литературой по физике полупроводников и полупроводниковым приборам;
- использовать современные информационные и компьютерные технологии для оценки количественных и качественных показателей состояния поверхности твердого тела и прогноза характеристик твердого тела;
- приобретать навыки работы в творческом коллективе;
- отстаивать публично свою точку зрения;
- готовить материалы к докладам и публикациям.

Содержание темы:

1. ФОТОАКТИВНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ И ВНУТРЕННИЙ ФОТОЭФФЕКТ

- Первичные и вторичные фототоки
- 2. ФОТОПРОВОДИМОСТЬ. ДВИЖЕНИЕ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ФОТОПРОВОДНИКАХ
 - Примеры простых фотопроводящих систем
 - Диффузия и дрейф фотоносителей в монополярном полупроводнике
 - Эффективное время установления диффузионно-дрейфового
 - О длине экранирования в плохо проводящих полупроводниках и диэлектриках
 - Распределение концентрации при наличии внешнего электрического поля
 - О классификации фототоков в однородных полупроводниках
 - Особенности диффузии и дрейфа фотоносителей в биполярном полупроводнике
 - Добротность фотопроводников
- 3. РЕКОМБИНАЦИЯ В ФОТОПРОВОДНИКАХ
 - Рекомбинационная модель Шокли-Рида
 - Фотопроводник с одним классом центров рекомбинации в условиях различной освещенности
 - Прилипание носителей заряда
 - Два класса центров рекомбинации
 - Очувствление фотопроводников при освещении
 - Отрицательная фотопроводимость
- 4. ФОТОПРОВОДИМОСТЬ НЕОДНОРОДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ
 - Фотопроводимость поликристаллических веществ
 - Фотопроводимость, ограниченная контактами
 - Фотоэлектрические свойства контакта металл – монополярный полупроводник (диэлектрик)
 - Стационарные характеристики монополярного фоторезистора при контактном ограничении
 - Фотопроводимость при экситонном поглощении
 - Остаточная проводимость
 - Униполярная отрицательная фотопроводимость.
 - Аномальная фотопроводимость
 - Долговременные релаксации в фотопроводниках

Тема2. ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ И ДРУГИЕ ЭФФЕКТЫ

Для изучения данной темы обучающийся должен:

Знать:

- основные физические явления, определяющие концентрацию и энергетический спектр носителей заряда в твердом теле;
- физические процессы в полупроводниковых приборах, являющихся элементами микросхем.

Уметь:

- рассчитывать статические и динамические характеристики полупроводниковых устройств на основе данных, определяющих физические параметры материалов и конструкцию устройства;
- пользоваться монографической, а также периодической научно-технической литературой по физике полупроводников и полупроводниковым приборам;
- оценивать области применимости полупроводниковых приборов.
- приобретать навыки работы в творческом коллективе;
- отстаивать публично свою точку зрения;
- готовить материалы к докладам и публикациям.

Содержание темы:

1. ВИДЫ ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА
 - Формирование представлений

- Метод эквивалентных схем
 - Фотоиндуктивный эффект
 - Остаточная фотоемкость
 - О прохождении переменного тока в неоднородных кристаллах с подвижной объёмной неоднородностью
 - Применение к биполярному транзистору
 - О классификации различных проявлений ФДЭ
 - Применение фотодиэлектрического эффекта
 - Фотоварикапы
 - Динамический фотоконденсатор
2. ПОНЯТИЕ О ШУМАХ ФОТОПРОВОДНИКОВ
 3. ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ. ФОТОДИОД
 4. СПЕКТРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОПРОВОДИМОСТИ

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица 6.1.

Активные и интерактивные формы проведения учебных занятий по дисциплине

№п.п.	Тема программы дисциплины	Применяемые технологии	Кол-во аудит. часов
1	ФОТОАКТИВНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ И ВНУТРЕННИЙ ФОТОЭФФЕКТ	классическое традиционное; лекционное обучение	6
2	ФОТОПРОВОДИМОСТЬ. ДВИЖЕНИЕ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ФОТОПРОВОДНИКАХ	классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные	6
3	РЕКОМБИНАЦИЯ ФОТОПРОВОДНИКАХ В	классическое традиционное; лекционное обучение, вербальные (аудио)	6
4	ФОТОПРОВОДИМОСТЬ НЕОДНОРОДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ДИЭЛЕКТРИКОВ И	классическое традиционное; лекционное обучение, самостоятельная работа	6
5	ВИДЫ ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА	классическое традиционное; лекционное обучение, самообучение	4
6	ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ. ФОТОДИОД	классическое традиционное; лекционное обучение, дистанционные	4
7	СПЕКТРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОПРОВОДИМОСТИ	классическое традиционное; лекционное обучение, компьютерное программное обучение	4

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Целью самостоятельной работы магистранта является самостоятельное приобретение новые знаний и выработка способности к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности.

Самостоятельная учебная работа представлена такими формами учебного процесса, как лекция, семинар, практические и лабораторные занятия, экскурсии, подготовка к ним. Студент должен уметь вести краткие записи лекций, составлять конспекты, планы и тезисы выступлений, подбирать литературу и т.д.

Научная самостоятельная работа студента заключается в его участии в работе кружков на кафедрах, в научных конференциях разного уровня, а также в написании контрольных, курсовых и выпускных квалификационных (дипломных работ) работ.

Таблица 7.1.

Содержание, виды и методы контроля самостоятельной работы

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость (в академических часах)	Методы контроля самостоятельной работы
1.	Основные параметры фотопроводимости: время ее нарастания и спада, стационарная величина и стационарное время фотопроводимости.	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием		выполнение лабораторных работ
2	Эффект прилипания носителей, влияние его на параметры примесной фотопроводимости.	Коллоквиум; доработка конспекта лекции с применением учебника, методической литературы, дополнительной литературы		коллоквиум
3	Основные механизмы рекомбинации носителей заряда и температурная зависимость примесной фотопроводимости	подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы;		тесты
4	Обнаружительная способность ИК приемников и их зависимости от параметров полупроводников	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием, самостоятельное изучение отдельных тем, параграфов		выполнение лабораторных работ, тесты
5	Стационарное распределение неравновесной концентрации носителей в направлении распространения света в полупроводнике	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; консультации по сложным, непонятным вопросам лекций		выполнение лабораторных работ
6	Спектральная зависимость собственной фотопроводимости, влияние на нее скорости поверхностной рекомбинации	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; написание реферата		выполнение лабораторных работ, проверка рефератов

7	Зависимость полной стационарной концентрации носителей от скорости поверхностной рекомбинации	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; подготовка доклада к конференции		выполнение лабораторных работ, доклад на конференции
8	Квазиуровни Ферми для свободных и захваченных на локальные уровни носителей, демаркационные уровни	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; коллоквиум		выполнение лабораторных работ, коллоквиум
9	Зависимость расположения квазиуровней Ферми в запрещенной зоне от параметров уровней, температуры и скорости генерации носителей	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; написание реферата;		выполнение лабораторных работ, проверка реферата
10	Влияние оптической перезарядки на подвижность носителей заряда и на времена их жизни, на спектральные зависимости поглощения и фотопроводимости	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; подготовка доклада к конференции		выполнение лабораторных работ, доклад на конференции
11	Суперлинейность и сублинейность люксамперных характеристик этих эффектов и их использование для определения параметров полупроводников	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; консультации по сложным, непонятным вопросам лекций		выполнение лабораторных работ, тесты
12	Фотоэлектромагнитный эффект как метод определения параметров полупроводников	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; коллоквиум		выполнение лабораторных работ, коллоквиум
13	Особенности фоторазогрева в сильно легированных и компенсированных полупроводниках	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; подготовка к экзамену		выполнение лабораторных работ, экзамен

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов включает следующие компоненты:

№№ п/п	Наименование работы	Кол- во часов	Форма контроля
1	Проработка лекционного	33	Экзамен

	материала	(0.9)	
2	Подготовка к лабораторным работам	33 (0.9)	Допуск к каждой лабораторной работе и защита отчета.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Экзаменационные вопросы по дисциплине «Фотоэлектрические явления в полупроводниках»

1. Равновесные и неравновесные носители тока, неравновесная проводимость.
2. Время жизни неравновесных носителей.
3. Релаксация неравновесной проводимости. Линейная рекомбинация.
4. Стационарная фотопроводимость. Методы вычисления фотопроводимости из данных опыта.
5. Частотная зависимость фотопроводимости.
6. Определение времени жизни методом компенсации сдвига фаз.
7. Внутренний фотоэффект.
8. Ионизация квантами и частицами больших энергий.
9. Рекомбинации через локальные центры.
10. Захват локальными центрами носителей тока.
11. Полупроводник с одним типом ловушек.
12. Схема с одним типом ловушек. Случай малой концентрации.
13. Релаксация неравновесной проводимости при малой концентрации ловушек.
14. Релаксация неравновесной проводимости при малой большой концентрации ловушек.
15. Центры рекомбинации и центры прилипания.
16. Демаркационные уровни.
17. Влияние уровней прилипания на стационарные характеристики неравновесной проводимости.
18. Релаксация при наличии α -центров прилипания.
19. Релаксация при наличии β -центров прилипания.
20. Влияние уровней прилипания на стационарную фотопроводимость.
21. Влияние уровней прилипания на стационарные времена жизни электронов и дырок.
22. Влияние сильного заполнения уровней прилипания на начальные стадии нарастания фотопроводимости.
23. Рекомбинация через многозарядные центры. О спектре сложных центров.
24. Время жизни при рекомбинации через многозарядные центры.
25. Излучательная рекомбинация свободных электронов и дырок.
26. Индуцированная излучательная рекомбинация.
27. Влияние прилипания на излучательную рекомбинацию.
28. Ударная рекомбинация.
29. Особенности примесной фотопроводимости.
30. Примесная фотопроводимость, связанная с одним типом уровней.
31. Люкс-амперные характеристики и кривые релаксации примесной фотопроводимости.
32. Термооптические переходы. Двойные оптические переходы.
33. Индуцированная примесная фотопроводимость.
34. Оптическая перезарядка примесных центров и кинетика примесной фотопроводимости.
35. Влияние перезарядки на кинетику примесной фотопроводимости.

36. Термостимулированная проводимость.
37. Время жизни носителей тока в зонах.
38. Диффузия и дрейф неравновесных носителей тока (основные уравнения).
39. Распределения концентрации, заряда и поля при диффузии в случае низкого уровня возбуждения.
40. Длина экранирования Дебая.
41. Диффузия и дрейф неосновных носителей тока.
42. Метод экспериментального определения длины диффузионного смещения и времени жизни неосновных носителей тока.
43. Прямой метод определения подвижности неосновных носителей тока.
44. Определение соотношения между подвижностью и коэффициентом диффузии для неравновесных неосновных носителей.
45. Компенсационный метод измерения подвижности.
46. Механизм действия электронно-дырочного перехода.
47. Основное уравнение фотодиода.
48. Воль-амперная характеристика электронно-дырочных фотоэлементов.
49. Люкс-амперная характеристика электронно-дырочных фотоэлементов.
50. Спектральное распределение fotocувствительности.
51. Температурная зависимость темного тока, фототока, фото-ЭДС.

Таблица 7.2.

Лабораторные работы или лабораторные практикумы

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лабораторная работа или лабораторный практикум	Трудоемкость (в академических часах)
1	ФОТОПРОВОДИМОСТЬ	Изучение фотоэлектрических явлений в полупроводниках	2
2		Спектральная характеристика фотопроводимости	2
3		Внешний фотоэффект	1
4		Исследование спектрального распределения фототока в полупроводниках	2
5		Определение времени жизни неравновесных носителей заряда	2
6		Определение диффузионной длины неосновных носителей заряда	1
7		Фотоэлектрический эффект	2
8	ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ И ДРУГИЕ ЭФФЕКТЫ	Фотоэлектрические преобразователи - Фотодатчики	2
9		Исследование эффекта оптического (инфракрасного) гашения фототока	1
10		Исследование температурного гашения фотопроводимости	1
11		Исследование селективного фотоэффекта	2

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Воробьев Л.Е. и др. Фотоэлектрические явления в полупроводниковых и размерно-квантовых структурах. СПб, 2001.
2. Электрические и фотоэлектрические явления в гетероструктурах на основе полупроводников АЗВ5 и кремния. Салихов Х.М.С-Петербург, 2010.
3. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. – М.: Физматгиз, 1963. – 495 с.
4. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: учеб. программа дисциплины/сост.: В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Красноярск: ИПК СФУ, – 46 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008/рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 2009.
5. Исследование электрофизических свойств фоторезисторов на основе PbS. Комиссаров А.Л. 2011.
6. Фотоэлектрические явления и эффект поля в квантово-размерных гетеронаноструктурных In(Ga)As/GaAs. Истомин Л.А. 2010.

Дополнительная литература

1. СТО 4.2-07–2008. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности / разработ.: Т. В. Сильченко, Л. В. Белошапка, В. К. Младенцева, М. И. Губанова. – Введ. впервые 09. 12. 2008. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 47 с.
2. Каталог лицензионных программных продуктов, используемых в СФУ / сост.: А. В. Сарафанов, М. М.Торопов. – Красноярск: ИПК СФУ, – (Вып. 3) 2008.
3. Шелованова, Г. Н. Современные проблемы электроники: кремниевая электроника: учеб. пособие. – Красноярск: – ИПЦ КГТУ, 2006. – 178 с.
4. Несмелов Н. С., Широков А. А. Сборник задач по курсу "Физические основы микроэлектроники": Учебное пособие для вузов.- Изд. ТУСУР, 2008. – 41 с.
5. Методические указания по выполнению конкретных лабораторных работ по курсу ФОМ (имеются в библиотеке ТУСУР и в учебной лаборатории по микроэлектронике кафедры КУДР)// Изд. ТУСУР, 2007. – 135 с.

Периодическая литература вузов. Электроника.

6. Известия вузов. Электроника.
7. Микроэлектроника.
8. Физика и техника полупроводников.
9. Нанотехнологии и наноматериалы.
10. Нано- и микросистемная техника.
11. Перспективные материалы. Микроэлектроника.

Информационные ресурсы

12. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. учеб.-метод. комплекс/Г. Н. Шелованова, В. А. Юзова, В. А. Барашков, О. В. Семенова – Электронные дан. (127 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008/рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический

диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 187 Мб свободного дискового пространства; при-вод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf. 2009.

13. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: учеб. программа дисциплины/сост.: В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (2 Мб). – Красноярск:ИПК СФУ, – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008/рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf. 2009.

14. Шелованова Г. Н. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. курс лекций / Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008/рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf. 2009.

15. Унифицированная система компьютерной проверки знаний тестированием UniTest версии 3.0.0. руководство пользователя/А. Н. Шниперов, Б. М. Бидус. – Красноярск, 2008.

16. Шелованова, Г. Н. Современные проблемы электроники: кремниевая электроника [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие/Г. Н. Шелованова. – Электрон. дан. – Красноярск: КГТУ, 2006. – Режим доступа: <http://lib.krgtu.ru/pocobia.phpsection=shelovanova> – Загл. с экрана.

17. [http:// www. superconductors. org/](http://www.superconductors.org/)

18. <http://www.nanoink.net>

19. <http://www.ioffe.ru/journals/>

20. <http://journal.sfu-kras.ru/>

21. <http://www.mikrosystems.ru>

Программное обеспечение (лицензионное)

Программное обеспечение выбрано в соответствии с каталогом лицензионных программных продуктов, используемых в Сибирском федеральном университете.

1. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
3. Программный продукт «Антивирус Касперского».
4. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
5. Программный продукт MATLAB 6.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

Таблица 10.1

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

	Название отдельной темы дисциплины (практического занятия или лабораторной работы), в которой используется ИТ	Перечень применяемой ИТ или ее частей	Цель применения	Перечень компетенций
	Исследования оптических свойств материалов электронной техники и параметров оптоэлектронных приборов	Автоматизированный лабораторный стенд	изучение процессов, протекающих в проводниках в электрическом поле; – исследование основных свойств проводников по температурным зависимостям проводимости.	ПК-1, ПК-4

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Презентации лекций
2. Демонстрации и фрагменты кинофильмов, анимации физических процессов:
3. ФПЭ – 02 – модуль
2. МТ - мультиметр
3. РО - Осциллограф
4. ФПЭ-04 – модуль
5. ФПЭ-ИП – источник питания
6. ФПЭ-05 – модуль
7. РQ - генератор звуковой частоты
8. ФПЭ-06 - модуль
9. ФПЭ – 07 – модуль
10. ФПЭ-08– модуль
11. ФПЭ - МЕ – магазин емкостей
12. ФПЭ - МС – магазин сопротивлений
13. ФПЭ – 09 – модуль
14. ФПЭ-10 – модуль
15. ФПЭ – 11 – модуль
16. ФПЭ-12 – модуль
17. ФПЭ – 13 - модуль
18. ФПЭ-20

Лист изменений:

Внесены изменения в части пунктов

Протокол заседания кафедры № ___ от «___» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой

_____/_____/

(подпись)

(Ф. И. О.)

Изменения одобрены учебно-методическим советом факультета.

(к которому относится кафедра-составитель)

Протокол заседания № ___ от «___» _____ 20__ г.

Председатель учебно-методического совета

_____/_____/

(подпись)

(Ф. И. О.)

Изменения одобрены учебно-методическим советом факультета

(к которому относится данное направление подготовки/специальность)

Председатель учебно-методического совета

_____/_____/

(подпись)

(Ф. И. О.)

Изменения одобрены Учебно-методическим советом университета

протокол № _____ от «___» _____ 20__ г.

Председатель Учебно-методического совета университета _____/_____/

(подпись)

(Ф. И. О.)