



**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы учебной дисциплины**  
**Б1.В.ДВ.04.01 ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ**  
**Направление подготовки магистратуры 03.04.02 Физика**

1.	<p><b>Цель изучения дисциплины</b></p> <p>Целями освоения дисциплины «Фотоэлектрические явления в полупроводниках» являются формирование у студентов комплекса профессиональных знаний и умений и усвоение физических принципов действия полупроводниковых фотоэлектрических материалов и приборов, их параметров, характеристик и практического применения в изделиях электронной техники.</p> <p>Задачами изучения дисциплины являются:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• формирование и углубление знаний о физической природе фотопроводимости и других проявлений внутреннего фотоэффекта полупроводников и практической реализации полупроводниковых структур, применяемых в приборах и устройствах твердотельной электроники, опто-, микро- и нанoeлектроники;</li><li>• формирование знаний и умений теоретически исследовать физические процессы внутреннего фотоэффекта, протекающие в структурах полупроводниковых приборов и интегральных схем;</li><li>• приобретение навыков (владений) расчета параметров и характеристик полупроводниковых фотоэлектрических приборов, оптимизации режимов их работы.</li></ul>								
2.	<p><b>Место дисциплины в структуре ОПОП ВО магистратуры</b></p> <p>Дисциплина относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений «Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.4». Изучается на 2 курсе в 3 семестре.</p> <p>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.</p>								
3	<table><tr><th>Код компетенции</th><th>Наименование компетенции</th><th>Индикатор достижения компетенции</th><th>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</th></tr><tr><td>УК-6.</td><td>Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки</td><td>УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует; УК-6.2. Определяет образовательные потребности и способы совершенствования собственной (в том числе профессиональной) деятельности на основе самооценки; УК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов</td><td>Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных дисциплин Умеет использовать естественно-научные знания при объяснении экспериментов, решения</td></tr></table>	Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:	УК-6.	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует; УК-6.2. Определяет образовательные потребности и способы совершенствования собственной (в том числе профессиональной) деятельности на основе самооценки; УК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов	Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных дисциплин Умеет использовать естественно-научные знания при объяснении экспериментов, решения
Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:						
УК-6.	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует; УК-6.2. Определяет образовательные потребности и способы совершенствования собственной (в том числе профессиональной) деятельности на основе самооценки; УК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов	Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных дисциплин Умеет использовать естественно-научные знания при объяснении экспериментов, решения						



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ факультет

			<p>непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков;</p> <p>УК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p>	<p>профессиональных задач.</p> <p>Владеет основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности и работы в научных группах.</p>
	ПК-2	Способность планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции и вести преподавание по дополнительным общеобразовательным программам	<p>ИДК ПК2.1</p> <p>Имеет навыки владения необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников в избранной области исследования; владения методикой планирования и разработки научного эксперимента; проведения научного эксперимента; методами моделирования различных физических ситуаций; владения современными прикладными программами для изучения объекта научного исследования; владения методами работы в различных операционных системах, с научными базами данных.</p> <p>ИДК ПК2.2</p> <p>Владеет навыками абстрактно мыслить, анализировать, синтезировать получаемую информацию; навыками делать заключения и выводы; навыками и методами построения физических моделей на основе проведенных исследований и полученной информации.</p> <p>ИДК ПК-2.3 Знает способы организации научных семинаров и конференций, умеет планировать и организовывать научные семинары и конференции.</p>	<p>Знает как самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</p> <p>Умеет свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и внедрять результаты научных исследований в область профессиональной деятельности.</p> <p>Владеет способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-</p>



				профессиональных задач, и применять результаты научных исследований в профессиональной деятельности
4.	<p><b>Содержание дисциплины</b></p> <p><b>Раздел 1 ФОТОПРОВОДИМОСТЬ</b></p> <p>Тема 1.1 ФОТОАКТИВНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ И ВНУТРЕННИЙ ФОТОЭФФЕКТ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Первичные и вторичные фототоки</li> </ul> <p>Тема 1.2. ФОТОПРОВОДИМОСТЬ. ДВИЖЕНИЕ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ФОТОПРОВОДНИКАХ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Примеры простых фотопроводящих систем</li> <li>- Диффузия и дрейф фотоносителей в монополярном полупроводнике</li> <li>- Эффективное время установления диффузионно-дрейфового</li> <li>- О длине экранирования в плохо проводящих полупроводниках и диэлектриках</li> <li>- Распределение концентрации при наличии внешнего электрического поля</li> <li>- О классификации фототоков в однородных полупроводниках</li> <li>- Особенности диффузии и дрейфа фотоносителей в биполярном полупроводнике</li> <li>- Добротность фотопроводников</li> </ul> <p>Тема 1.3. РЕКОМБИНАЦИЯ В ФОТОПРОВОДНИКАХ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Рекомбинационная модель Шокли-Рида</li> <li>- Фотопроводник с одним классом центров рекомбинации в условиях различной освещенности</li> <li>- Прилипание носителей заряда</li> <li>- Два класса центров рекомбинации</li> <li>- Очувствление фотопроводников при освещении</li> <li>- Отрицательная фотопроводимость</li> </ul> <p>Тема 1.4. ФОТОПРОВОДИМОСТЬ НЕОДНОРОДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Фотопроводимость поликристаллических веществ</li> <li>- Фотопроводимость, ограниченная контактами</li> <li>- Фотоэлектрические свойства контакта металл – монополярный полупроводник (диэлектрик)</li> <li>- Стационарные характеристики монополярного фоторезистора при контактном ограничении</li> <li>- Фотопроводимость при экситонном поглощении</li> <li>- Остаточная проводимость</li> <li>- Униполярная отрицательная фотопроводимость.</li> <li>- Аномальная фотопроводимость</li> <li>- Долговременные релаксации в фотопроводниках</li> </ul> <p><b>Раздел 2 ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С НАГРЕВОМ ЭЛЕКТРОНОВ</b></p> <p>Тема 2.1 Фотоэлектрические явления при неравновесном распределении носителей заряда по энергии.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- описание возмущенного распределения электронов по энергиям</li> <li>- <math>\mu</math>-проводимость, уравнение баланса</li> <li>- осцилляция фотопроводимости</li> </ul> <p>Тема 2.2 Эффект увлечения электронов фотонами</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- эффект увлечения носителей заряда фотонами</li> <li>- продольный и поперечный эффекты увлечения</li> <li>- эффект увлечения в случае примесного поглощения света</li> </ul>			



### Раздел 3. ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ И ДРУГИЕ ЭФФЕКТЫ

#### Тема 3.1. 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

#### ПОНЯТИЕ О ШУМАХ ФОТОПРОВОДНИКОВ

#### Тема 3.2. ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ. ФОТОДИОД

#### Тема 3.3. СПЕКТРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОПРОВОДИМОСТИ

### 5. Образовательные технологии

№п.п.	Тема программы дисциплины	Применяемые технологии	Кол-во аудит. часов
1	Введение. Фотоактивное поглощение и внутренний фотоэффект	классическое традиционное; лекционное обучение	8
2	Фотопроводимость. Движение носителей заряда в фотопроводниках	классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные	8
3	Рекомбинация в фотопроводниках	классическое традиционное; лекционное обучение, вербальные (аудио)	4
4	Элементарные рекомбинационные процессы	классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные	4
5	Фотопроводимость неоднородных полупроводников и диэлектриков	классическое традиционное; лекционное обучение, самостоятельная работа	8
6	Фотоэлектрические явления при неравновесном распределении носителей заряда по энергии	классическое традиционное; лекционное обучение, самообучение	8
7	Эффект увлечения электронов фотонами	классическое традиционное; лекционное обучение, дистанционные	4
8	Виды фотоэлектрического эффекта	классическое традиционное; лекционное обучение, компьютерное программированное обучение	8
9	Фотогальванический эффект. Фотодиод.	классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные	4
10	Спектральная характеристика фотопроводимости	классическое традиционное; лекционное обучение, самостоятельная работа	8

### 6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ факультет**

<b>необходимых для освоения дисциплины (модуля)</b>	
<b>Название ресурса</b>	<b>Ссылка/доступ</b>
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a>
Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a>
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	<a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archive/index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archive/index.htm</a>
Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информио»	<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнгГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>
<b>7. Формы текущего контроля</b>	
	Работа у доски; контрольные, самостоятельные работы.
<b>8</b>	<b>Форма промежуточного контроля - Экзамен</b>

**Разработчик:** к.ф.-м.н., доцент кафедры «Физика» Нальгиева М.А.