

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 27.01.2022 22:42:58  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426dfe5f1c419a07cf4e08

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



О.Г. Локтионова

« 15 » 12

2017 г.

Физические основы электроники  
Методические указания по выполнению самостоятельной работы  
для студентов направления подготовки 11.03.02

Курск 2017

УДК 681.5

Составитель А.А. Гримов

Рецензент

Доктор технических наук, профессор В.Э. Дрейзин

**Физические основы электроники:** методические указания по выполнению самостоятельной работы /Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Гримов.- Курск, 2017 - 15 с.: Библиогр.: с.14.

Приводятся краткие сведения о темах для самостоятельного изучения по дисциплине «Физические основы электроники», необходимые для успешного освоения дисциплины. Указывается порядок выполнения самостоятельной работы всех предусмотренных учебным планом видов, приводятся рекомендации по оформлению результатов работы.

Предназначены для студентов направления подготовки бакалавров 11.03.02.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.17 . Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 0,7. Уч.-изд. л. 0,6. Тираж 100 экз. Заказ 4838 . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## 1 Введение

Самостоятельная работа - это индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя, но по его заданиям и под его контролем.

Самостоятельная работа студентов включает:

- изучение лекционного материала по конспекту с использованием рекомендованной литературы;
- отработку изучаемого материала по печатным и электронным источникам, конспектам лекций;
- подготовку к контрольной работе;
- подготовку к выполнению лабораторных работ;
- выполнение отчетов по лабораторным работам и подготовку к их защите;
- подготовку к выполнению практических заданий;
- выполнение контрольных, самостоятельных работ;
- индивидуальные задания (решение задач, подготовка сообщений, докладов, исследовательские работы и т.п.);
- работу над творческими заданиями;
- подготовку кратких сообщений, докладов, рефератов, самостоятельное составление задач по изучаемой теме (по указанию преподавателя);
- работу над выполнением наглядных пособий (схем, таблиц и т.п.).

Назначение самостоятельной работы студентов.

- **Овладение знаниями**, что достигается:

чтением текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составлением плана текста, графическим структурированием текста, конспектированием текста, выписками из текста, работой со словарями и справочниками, ознакомлением с нормативными документами, выполнением учебно-исследовательской работы, поиском информации в сети Интернет и т.п.;

- **закрепление знаний**, что достигается:

работой с конспектом лекций, обработкой текста, повторной работой над учебным материалом (учебником, первоисточником, дополнительной литературой), оставлением плана, составлением таблиц для систематизации учебного материала, ответами на контрольные вопросы, заполнением рабочей тетради, аналитической обработкой текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др), подготовкой мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), подготовкой реферата, составлением библиографии и т.п.;

- **формирование навыков и умений**, что достигается:

решением задач и упражнений по образцу, решением вариативных задач, выполнением чертежей, схем, выполнением расчетов (графических работ), решением ситуационных (профессиональных) задач, подготовкой к деловым играм, проектированием и моделированием разных видов и компонентов профессиональной деятельности, опытно экспериментальной работой и т.п.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Текущий контроль качества выполнения самостоятельной работы может осуществляться с помощью:

- контрольного опроса;
- собеседования;
- автоматизированного программированного контроля (машинного контроля, тестирования с применением ЭВМ).

Контроль выполнения контрольной работы и индивидуальных заданий осуществляется поэтапно в соответствии с разработанным преподавателем графиком.

## **2 Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы**

Студенты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплины пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием в лабораториях и методическими разработками кафедр вычислительной техники и электроснабжения в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

*библиотекой университета:*

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, периодической, справочной литературой в соответствии с УП и данной РПД;
- имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

*кафедрой:*

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;

- путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы, современных программных средств.
- путем разработки:
  - заданий для самостоятельной работы;
  - вопросов к экзаменам и зачетам;
  - методических указаний к выполнению лабораторных и практических работ и т.д.

*типографией университета:*

- помощь авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы;
- удовлетворение потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы

### 3 Запланированные виды самостоятельной работы по дисциплине

В соответствии с учебным планом, на самостоятельную работу студентов в рамках дисциплины «Физические основы электроники» отводится 54 часа. Распределение часов самостоятельной работы по темам (видам деятельности) приведено в рабочей программе дисциплины (Таблица 4.3.).

В таблице ниже приведены соответствующие сведения, взятые из Рабочей программы дисциплины.

Таблица 1 – Самостоятельная работа студентов

№ раздела (темы)	Наименование раздела (темы) дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час
1	2	3	4
1.	Введение в физику полупроводников (подготовка отчета по лабораторным работам, изучение лекционного материала, ответы на контрольные вопросы)	1-4 неделя	8
2.	Кинетика носителей заряда в полупроводниках и токи (подготовка отчета по лабораторным работам, изучение лекционного материала, ответы на контрольные вопросы)	5-6 неделя	6
3.	Физические процессы при контакте разнородных материалов (подготовка отчета по лабораторным работам, изучение лекционного материала, ответы на контрольные вопросы)	7-8 неделя	8
4.	Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами (подготовка отчета по лабораторным работам, изучение лекционного материала, ответы на контрольные вопросы)	9-10 неделя	8
5.	Физические процессы в структуре металл - диэлектрик - полупроводник (МДП - структура) (изучение лекционного материала, ответы на контрольные вопросы)	11-12 неделя	6

6.	Физические основы управления током канала с помощью управляющего электрического перехода (подготовка отчета по лабораторным работам, изучение лекционного	12-14 не- деля	6
7.	Фотоэлектрические явления в полупроводниках (подготовка отчета по лабораторным работам, изучение лекционного материала, ответы на контрольные вопросы)	15-16 не- деля	6
8.	Физические основы электровакуумных и газоразрядных приборов (изучение лекционного материала, ответы на контрольные вопросы)	17-18 не- деля	6
<b>ИТОГО часов</b>			54

Текущий контроль знаний, основанный на выяснении качества самостоятельной работы студентов при работе с конспектом лекций и учебной литературой, производится в соответствии с Рабочей программой дисциплины (Таблица 7.3) и предусматривает тест (Т) и собеседование (С).

В таблице ниже приведены соответствующие сведения, взятые из Рабочей программы дисциплины.

Таблица 2 – Формы текущего контроля в соответствии с рабочей программой дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Виды деятельности			Учебно-методические материалы	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)	Компетенции
		Лек.	№ лаб.	№ пр.			
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	<i>Введение</i>	0.5			У-3 МУ-8	4С	ОК-3
2.	<i>Введение в физику полупроводников</i>	7.5	1,2		У -1,2,3 МУ-1,2,8	4С	ОК-3, ПК-17, ПК-18
3.	<i>Кинетика носителей заряда в полупроводниках и токи</i>	4.0	3		У -1,2,3 МУ-3,8	4С,4Т	ОК-6 ПК-17, ПК-18
4.	<i>Физические процессы при контакте разнородных материалов</i>	6.0	4, 5, 6		У -1,2,3 МУ-4,5,6,8	8Т	ОК-6 ПК-17, ПК-18
5.	<i>Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими</i>	6.0			У -1,2,3 МУ-8	8С,8Т	ОК-3, ПК-17, ПК-18
6.	<i>Физические процессы в структуре металл - диэлектрик - полупроводник (МДП - структура)</i>	4.0			У -1,2,3 МУ-8	12Т	ОК-6 ПК-17, ПК-18

7.	Физические основы управления током канала с помощью управляющего электрического перехода	2.0			У -1,2,3 МУ-8	12С,12Т	ОК-6 ПК-17, ПК-18
8.	Фотоэлектрические явления в полупроводниках	2.0	7		У -1,2,3 МУ-7,8	16Т	ОК-3, ПК-18, ПК-17
9.	Физические основы электровакуумных и газоразрядных приборов	4.0			У -1,2,3 МУ-8	16С,16Т	ПК-14, ПК-17, ПК-19

Лекционные занятия проводятся в соответствии с Рабочей программой дисциплины (Таблица 4.1.1) и включают следующие темы.

Таблица 3 – Краткое содержание лекционного курса

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Содержание
1	2	3
1	<i>Введение</i>	Смысл термина «электроника». Области электроники. Цели и задачи дисциплины.
2.	<i>Введение в физику полупроводников</i>	<p>Элементы кристаллографии полупроводников. Полупроводниковые материалы. Кристаллическое состояние. Кристаллическая решетка полупроводников. Кристаллические структуры полупроводников. Типы химической связи.</p> <p>Элементы атомной и квантовой физики полупроводников. Общая характеристика строения атома. Теория Бора. Квантовые числа. Принцип Паули. Строение электронных оболочек элементарных полупроводников. Волновые свойства микрочастиц. Принцип неопределенности Гейзенберга. Уравнение Шрёдингера. Движение свободной частицы. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Квантовый гармонический осциллятор. Водородоподобный атом.</p> <p>Зонная модель твердых тел (металлы, полупроводники, диэлектрики). Модель энергетических зон Кронига-Пенни. Эффективная масса электрона. Понятие о дырках. Собственный полупроводник. Примесные полупроводники. Проводимости <i>n</i>- и <i>p</i>-типа. Зонные диаграммы, уровни доноров и акцепторов. Компенсированные полупроводники.</p> <p>Статистика носителей заряда в полупроводниках.</p> <p>Способы описания состояния макроскопической системы. Условие термодинамического равновесия. Понятие о квантовой статистике. Фазовое пространство.</p> <p>Плотность состояний, вырожденные коллективы. Статистика Максвелла-Больцмана и Ферми-Дирака. Плотность энергетических уровней в зонах. Функция распределения Ферми-Дирака. Уровень Ферми. Концентрация электронов и</p>

		дырок в невырожденных полупроводниках. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации примесей и температуры. Распределение носителей в зонах по энергетическим уровням. Вырожденные полупроводники. Неравновесные носители заряда. Генерация и рекомбинация носителей. Время жизни неравновесных носителей. Механизмы рекомбинации. Эффективное время жизни. Условие электрической нейтральности.
3.	<i>Кинетика носителей заряда в полупроводниках и токи</i>	Движение носителей в электрическом поле. Дрейфовая скорость, подвижность, плотность дрейфового тока. Удельная проводимость. Насыщение дрейфовой скорости в сильных полях. Диффузионное движение носителей. Плотность диффузионного тока. Коэффициент диффузии. Зависимость подвижности и коэффициента диффузии от типа носителей заряда и материала. Связь подвижности и коэффициента диффузии. Пространственный заряд. Уравнение непрерывности.
4.	<i>Физические процессы при контакте разнородных материалов</i>	<p>Разновидности контактов в полупроводниковой электронике. Зонные диаграммы контакта металла и полупроводника в состоянии равновесия. Работа выхода электронов и контактная разность потенциалов, распределение носителей заряда и поля. ВАХ контакта металл-полупроводник. Выпрямляющий и омический контакты. Физические процессы при идеализированном контакте полупроводников <i>p</i>- и <i>n</i>-типа с одинаковой шириной запрещенной зоны. Электронно-дырочный переход в состоянии равновесия. Контактная разность потенциалов, ее зависимость от ширины запрещенной зоны, концентрации примесей и температуры. Ширина обеденной области. Неравновесное состояние <i>p-n</i>-перехода. Прямое и обратное включение. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) идеализированного перехода и ее уравнение. Зависимость ВАХ от концентрации примесей и температуры. Параметры <i>p-n</i>-перехода и его электрическая модель. Дифференциальное сопротивление. Барьерная и диффузионная емкость. Зависимость параметров от величины и знака напряжения (смещения). Причины, вызывающие инерционность процессов в <i>p-n</i>-переходе.</p> <p>Физические процессы при контакте полупроводников с различной шириной запрещенной зоны (гетеропереходы). Зонная диаграмма гетероперехода, образование скачков и разрывов в диаграмме и их влияние на движение носителей через переход.</p> <p>Отличие реальных электроннодырочных переходов от идеализированного. Учет генерации и рекомбинации носителей заряда и омических сопротивлений <i>p</i>- и <i>n</i>- областей. Учет электрического (лавинного, туннельного) и теплового пробоев при обратном включении перехода и коррекция математического описания ВАХ. Возможность появления отрицательного дифференциального сопротивления.</p>
5.	<i>Физические процессы в</i>	Взаимодействующие переходы - основа биполярного

	<i>структуре с двумя взаимодействующими переходами</i>	транзистора. Варианты полярностей напряжения на переходах. Схемы включения с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором. Физические процессы при прямом включении эмиттерного и обратном коллекторного переходов. Коэффициенты инжекции, переноса, лавинного умножения, составляющие токов электродов, коэффициент передачи входного тока, математические связи токов электродов. Статическая модель Эберса-Молла. Статические характеристики структуры в рабочих режимах работы и схемах включения. Идеализированные характеристики, отражение эффекта модуляции толщины базовой области (эффект Эрли) на статических характеристиках структуры (частотные и импульсные свойства), отражение на электрической модели Эберса-Молла.
6.	<i>Физические процессы в структуре металл - диэлектрик - полупроводник (МДП - структура)</i>	Зонные диаграммы структуры МДП в состоянии термодинамического равновесия, эффект поля и возможности инверсии типа проводимости полупроводника. Понятие поверхностного потенциала. Емкость МДП-структуры. Создание проводящего канала и дрейфового тока в нем (исток, сток): МДП-транзистор со встроенным и индуцированным каналом. Механизм управления величиной тока в канале. Пороговое напряжение, напряжение отсечки, напряжение насыщения, идеализированные статические характеристики.
7.	<i>Физические основы управления током канала с помощью управляющего электрического перехода</i>	Влияние напряжения на управляющем переходе на процессы в канале при использовании поля р-п-перехода и перехода контакта металл - полупроводник. Идеализированные статические характеристики структур с управляющим переходом.
8.	<i>Фотоэлектрические явления в полупроводниках</i>	Поглощение света полупроводниками. Фотопроводимость (внутренний фотоэффект). Взаимодействие света с носителями заряда в р-п-переходе, фотодетекторный режим, фотоэдс. Вольт - амперная характеристика и параметры.
9.	<i>Физические основы электровакуумных и газоразрядных приборов</i>	Основы эмиссионной электроники. Виды эмиссии: термоэлектронная, вторичная электронная, электростатическая, фотоэлектронная. Принцип электростатического управления плотностью электронного потока в электронных лампах. Управление током электронного луча и положением луча в электронно-лучевых приборах. Физические процессы в газоразрядных приборах.

Лабораторные работы, предусмотренные Рабочей программой дисциплины, описаны в таблице ниже.

Таблица 4 – Лабораторные работы

№	Наименование лабораторной работы	Объем, час
1	2	3
1.	Исследование удельного сопротивления полупроводниковых материалов	2

2.	Расчет основных физических параметров полупроводников	2
3.	Исследование эффекта сильного поля в полупроводниках	2
4.	Исследование вольтамперной характеристики германиевого туннельного диода	2
5.	Расчет основных физических параметров электронно-дырочных переходов	2
6.	Исследование вольтамперных и вольтфарадных характеристик полупроводниковых диодов	4
7.	Исследование фотоэлектрических свойств фотодиодов	4
Итого		18

Рекомендации по выполнению лабораторных занятий приведены в соответствующих методических указаниях к практическим занятиям. Методические указания содержат полные требования к видам и объему самостоятельной работы при подготовке, выполнении и оформлении отчетов.

### Примеры типовых контрольных заданий для текущего контроля

Тест в контрольной точке №1 по разделу 1 «Введение в физику полупроводников»

1. Типичным полупроводником является:

- А. Ge
- Б. Fe
- В. Ni
- Г. Cu
- Д. Na

Вопросы для собеседования

1. Какие материалы относят к полупроводникам?
2. Классификация неорганических кристаллических полупроводников.
3. Дайте определение кристаллического твердого тела.
4. Что такое кристаллическая решетка?
5. Что называется узлом кристаллической решетки?
6. Как строится элементарная ячейка кристаллической решетки?
7. Какая решетка кристалла называется простой, а какая - сложной?
8. Опишите метод кристаллографического индицирования, разработанный Миллером?
9. Что называется межплоскостным расстоянием?

Типовые задания для промежуточной аттестации

*Промежуточная аттестация* по дисциплине проводится в форме зачета. Зачет проводится в форме тестирования (бланкового и/или компьютерного).

Для тестирования используются контрольно-измерительные материалы (КИМ) – задания в тестовой форме, составляющие банк тестовых заданий (БТЗ) по дисциплине, утвержденный в установленном в университете порядке.

Проверяемыми на промежуточной аттестации элементами содержания являются темы дисциплины, указанные в разделе 3 настоящей программы. Все темы дисциплины отражены в КИМ в равных долях (%). БТЗ включает в себя не менее 100 заданий и постоянно пополняется.

Для проверки *знаний* используются вопросы и задания в различных формах.

*Умения, навыки и компетенции* проверяются с помощью задач (ситуационных, производственных или кейсового характера) и различного вида конструкторов. Все задачи являются многоходовыми. Некоторые задачи, проверяющие уровень сформированности компетенций, являются многовариантными. Часть умений, навыков и компетенций прямо не отражена в формулировках задач, но они могут быть проявлены обучающимися при их решении.

В каждый вариант КИМ включаются задания по каждому проверяемому элементу содержания во всех перечисленных выше формах и разного уровня сложности. Такой формат КИМ позволяет объективно определить качество освоения обучающимися основных элементов содержания дисциплины и уровень сформированности компетенций.

Отчет должен содержать все предусмотренные методическими указаниями разделы, включая контрольные вопросы. Рекомендуется включать в отчет ответы на контрольные вопросы в *кратком* виде. Поскольку эти ответы являются продуктом самостоятельной работы, совпадение текстов ответов в отчетах разных студентов приводит преподавателя к необходимости формировать дополнительные вопросы по соответствующей теме.

## **4 Рекомендации по выполнению самостоятельной работы**

### **Изучение теоретических основ дисциплин**

Изучение теоретической части дисциплин способствует углублению и закреплению знаний, полученных на аудиторных занятиях, а также развивает у студентов творческие навыки, инициативы и умение организовать свое время.

Самостоятельная работа при изучении дисциплины включает:

- работу над конспектом лекций;
- изучение рекомендованной литературы;
- поиск и ознакомление с информацией в сети Интернет;
- подготовку к различным формам контроля (контрольный опрос, собеседование, тесты, контрольные работы, коллоквиумы);
- подготовку и написание рефератов;
- выполнение контрольных работ;
- подготовку ответов на вопросы по различным темам дисциплины, в том числе заданным преподавателям по результатам контроля знаний.

Материал, законспектированный в течение лекций, необходимо регулярно прорабатывать и дополнять сведениями из других источников литературы, представленных не только в программе дисциплины, но и в периодических изданиях.

При освоении дисциплины сначала необходимо по каждой теме изучить рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы; проводить поиски в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем.

По требованию преподавателя конспект лекций предоставляется ему для проверки. Замеченные недостатки и внесенные замечания и предложения следует отработать в приемлемые сроки.

### **Практические занятия (лабораторно-практические работы)**

Проведение лабораторно-практических работ включает в себя следующие этапы:

- объявление темы занятий и определение задач лабораторно-практической работы;
- определение этапов и порядка выполнения лабораторно-практической работы;
- собственно выполнение работы студентами и контроль за ходом занятий и соблюдением техники безопасности;
- подведение итогов работы и формулирование основных выводов.

Практические занятия предусматривают ведение рабочей тетради, в которой отражаются результаты выполненных работ. При подготовке к самостоятельной работе студент должен изучить соответствующие методические указания, а также подготовить вспомогательные материалы,

необходимые для ее выполнения (бланки таблиц, бланки для построения различных видов графиков и т.п.).

Рабочая тетрадь ведется индивидуально. В случае бригадного проведения практических занятий, связанного с разделением функций, фрагменты, выполненные другими участниками, копируются в рабочую тетрадь по завершении этапа задания или всего задания.

Основные требования к рабочей тетради:

- на титульном листе указывается предмет, курс, группу, подгруппу, фамилию, имя, отчество студента;
- каждая работа нумеруется в соответствии с методическими указаниями; указывается дата выполнения работы;
- полностью записывается название работы, цель и принцип метода, кратко характеризуется ход эксперимента и объект исследования;
- при необходимости приводится рисунок установки; результаты опытов фиксируются в виде рисунков с обязательными подписями к ним, а также таблицы или описывают словесно по указанию преподавателя;
- в конце каждой работы делается вывод или заключение, которые обсуждаются при подведении итогов занятия.

Все первичные записи заносятся в тетрадь по ходу эксперимента.

К лабораторно-практическим работам студент допускается только после инструктажа по технике безопасности. Положения техники безопасности изложены в инструкциях, которые имеются в лаборатории.

## Библиографический список

### 1 Основная учебная литература

1. Умрихин В.В. Физические основы электроники [Текст] : учебное пособие. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2012 – 304 с.

### 2 Дополнительная учебная литература

2. Гуртов В.А. Твердотельная электроника [Текст] : учебное пособие. – М.: Техносфера, 2008 – 512 с.

3. Марголин В. И. Физические основы микроэлектроники [Текст] : учебник. – М.: Академия, 2008 – 400 с.

2. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники [Текст] : учебное пособие. – М.; СПб.: Лаборатория Базовых Знаний : Невский Диалект, 2001 – 488 с.

3. Физика низкоразмерных систем [Текст] : учебное пособие / А. Я. Шик [и др.] / СПб.: Наука, 2001 – 160 с.

4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы [Текст] : учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1981 – 479 с.

5. Шур М. Физика полупроводниковых приборов: В 2-х частях [Текст] : учебник. – М.: Мир. 1992 – 294 с.

6. Нанoeлектроника. Ч.1. Введение в нанoeлектронику [Текст] : учебное пособие /Под ред. А.А.Орликовского. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2009 – 720 с.

7. Лебедев, А.И. Физика полупроводниковых приборов [Текст] : учебник. – М.: Физматлит, 2008 – 488 с.

### 3 Перечень методических указаний

1. Исследование удельного сопротивления полупроводниковых материалов: методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: А. В. Кочура, В. В. Умрихин. Курск, 2012. 12 с.

2. Определение основных физических параметров полупроводников: методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: А. В. Кочура, В. В. Умрихин. Курск, 2012. 21 с.

3. Исследование эффекта сильного поля в полупроводниках: методические указания по выполнению лабораторной работы/ Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: А. В. Кочура, В. В. Умрихин. Курск, 2012. 11 с.

4. Расчет параметров идеального р-п-перехода: методические указания к выполнению индивидуального задания/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост. В.В.Умрихин. Курск, 2013. 24 с.

5. Исследование вольтамперной характеристики германиевого туннельного диода: методические указания по выполнению лабораторной работы/ Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: В. Кочура, В. В. Умрихин. Курск, 2012.

11 с.

6. Определение основных физических параметров электронно-дырочных переходов: методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: А. В. Кочура, В. В. Умрихин. Курск, 2012. 21 с.

7. Исследование вольтамперных и вольтфарадных характеристик полупроводниковых диодов: методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: А. В. Кочура, В. В. Умрихин. Курск, 2012. 12 с.

8. Расчет электрофизических параметров идеального контакта металл-полупроводник: методические указания к выполнению индивидуального задания / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. В.В.Умрихин. Курск, 2013. 18 с.

9. Расчет электрофизических параметров приповерхностной области пространственного заряда полупроводника: методические указания к выполнению индивидуального задания / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. В.Умрихин. Курск, 2013. 20 с.

10. Расчет параметров идеализированного МДП-транзистора с индуцированным каналом: методические указания к выполнению индивидуального задания / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. В.В.Умрихин. Курск, 2013. 25 с.

11. Исследование фотоэлектрических свойств фотодиодов: методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: А. В. Кочура, В. В. Умрихин. Курск, 2012. 9 с.

12. Физические основы микро- и нанoeлектроники: методические указания по самостоятельной работе студентов / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Гримов. - Курск: ЮЗГУ, 2017. – 11с.