

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт физики

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Института физики,  
профессор

С.Б. Вениг  
2021 г.



**Рабочая программа дисциплины**  
**«Физические основы твердотельной электроники»**




Направление подготовки бакалавриата  
11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»

Профиль подготовки бакалавриата  
«Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур»

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Михайлов А.И.		20.10.2021
Председатель НМК	Скрипаль Ан.В.		22.10.2021
Заведующий кафедрой	Михайлов А.И.		20.10.2021
Специалист Учебно-го управления			

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физические основы твердотельной электроники» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний, умений и владений и усвоение физических принципов работы твердотельных электронных приборов, их параметров, характеристик, их теоретического и экспериментального исследования и практического применения в изделиях электронной техники.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о физической природе электропроводности полупроводников и тех ее важнейших аспектах, которые непосредственно касаются возможности практической реализации полупроводниковых структур, применяемых в приборах и устройствах твердотельной электроники и микроэлектроники;
- формирование умений теоретически исследовать физические процессы, протекающие в структурах полупроводниковых приборов и интегральных схем;
- формирование владений методами и навыками теоретического исследования и расчета параметров и характеристик полупроводниковых приборов, оптимизации режимов их работы;
- формирование знаний областей практического использования полупроводниковых электронных приборов и интегральных схем в радиоэлектронной аппаратуре различного функционального назначения.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физические основы твердотельной электроники» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП бакалавриата и изучается студентами очной формы обучения Института физики СГУ, обучающимися по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» по профилям «Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур» и «Микро- и наноэлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем» в течение 7 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания, умения и владения, полученные в процессе освоения дисциплин «Математика», «Механика», «Молекулярная физика», «Математический анализ и ТФКП», «Химия», «Введение в специальность», «Инженерная графика», «Компьютерная графика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Термодинамика», «Атомная и ядерная физика», «Электронные свойства кристаллов», «Физика полупроводников», «Квантовая механика», «Кристаллография и кристаллофизика», «Основы аналоговой и цифровой электроники», «Вакуумная и плазменная электроника», «Электродинамика сплошных сред», и подготавливает студентов к изучению в 7 и 8 семестрах таких дисциплин, как «Материалы электронной техники и наноэлектроники», «Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники», «Технология материалов и структур электроники», «Твердотельная электроника», «Микроэлектроника и наноэлектроника», «Квантовая и оптическая электроника», а также ряда специальных дисциплин части, формируемой участниками образовательных отношений, и к прохождению преддипломной практики.

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятель-	1.1_Б.ОПК-1. Понимает важность применения фундаментальных законов природы и основных физических и математических за-	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ основные положения, законы и методы естественных наук и математики, используемые в области</li></ul>

ности.	<p>конов.</p> <p><b>2.1_Б.ОПК-1.</b> Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.</p> <p><b>3.1_Б.ОПК-1.</b> Использует знания физики и математики при решении конкретных задач инженерной деятельности.</p>	<p>твердотельной электроники и важность их применения;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ физическую природу электропроводности полупроводников и тех ее важнейших аспектах, которые непосредственно касаются возможности практической реализации полупроводниковых структур, применяемых в приборах и устройствах твердотельной электроники и микроэлектроники;</li> <li>▪ области практического использования полупроводниковых электронных приборов и интегральных схем в радиоэлектронной аппаратуре различного функционального назначения.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ аргументированно применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера в области твердотельной электроники;</li> <li>▪ теоретически исследовать физические процессы, протекающие в структурах полупроводниковых приборов и интегральных схем.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ навыками использования знаний из физики и математики при решении конкретных задач инженерной деятельности в области твердотельной электроники;</li> <li>▪ методами и навыками теоретического исследования и расчета параметров и характеристик полупроводниковых приборов, оптимизации режимов их работы.</li> </ul>
--------	--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					СР	С	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лек	Лаб		Пр				
				Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка	Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	Введение.	7	2			2		4		
2.	Явления переноса в твердых телах.	7	2			2		4	Опрос	
3.	Контакт металла с полупроводником.	7	3			3		4	Опрос	
4.	Структура металл - диэлектрик - полупроводник.	7	2			2		4	Контрольная работа	
5.	Р-п-переход.	7	3			3		4	Опрос	
6.	Гетеропереходы.	7	2			2		4	Опрос	
7.	Полупроводниковые диоды (выпрямительные и СВЧ).	7						4	Опрос	
8.	СВЧ детектор на термоЭДС горячих носителей заряда (ГНЗ).	7						4	Опрос	
9.	Варикапы. Стабилитроны.	7						4	Опрос	
10.	Фотодиоды.	7						4	Опрос	
11.	Полупроводниковые излучатели.	7						4	Опрос	
	<b>Промежуточная аттестация</b>	7							<b>Зачет</b>	
	<b>Итого:</b>		<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>44</b>		
	<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>		<b>72</b>							

#### Содержание дисциплины

1. Введение. История, основные тенденции и перспективы развития твердотельной электроники. Место и значение полупроводниковых приборов и интегральных схем в науке и технике.
2. Явления переноса в твердых телах.
3. Контакт металла с полупроводником (КМП). Работа выхода и контактная разность потенциалов. Типы КМП и их зонные модели. Барьер Шоттки. Омический контакт. Толщина области пространственного заряда КМП и ее зависимость от внешнего приложенного напряжения. Выпрямление на КМП. Виды токов через КМП. Диффузионная и диодная теории выпрямления на КМП; сравнение теорий. Реальные контакты.
4. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры). Идеальная МДП-структура. Режимы обогащения, обеднения, инверсии и глубокого обеднения в приповерхностном слое полупроводника. Вольт-фарадная характеристика МДП-структуры. Расчет зависимости емкости МДП-структуры от напряжения в режиме обеднения. Поперечная и продольная проводимости МДП-структуры. Реальные МДП-структуры.
5. Р-п-переход. Выпрямление на р-п-переходе. Зонная модель р-п-перехода при прямом и обратном смещении. Зависимость толщины области пространственного заряда р-п-перехода от внешнего приложенного напряжения. Барьерная емкость р-п-перехода. Виды токов через р-п-переход. Расчет ВАХ р-п-перехода. Диффузионная емкость. Влияние на

- ВАХ р-п-перехода различных факторов и внешних воздействий. Виды пробоя р-п-перехода: лавинный, туннельный, тепловой.
6. Гетеропереходы (ГП). Анизотипные и изотипные ГП. Зонные модели и токовые модели ГП. Особенности ГП в сравнении с гомогенными р-п-переходами.
  7. Полупроводниковые диоды. Выпрямительные диоды. Высокочастотные диоды. Импульсные диоды. Диоды СВЧ.
  8. СВЧ детектор на термоЭДС горячих носителей заряда (ГНЗ).
  9. Варикапы. Стабилитроны.
  10. Фотодиоды. Воздействие света на р-п-переход. Конструкции, параметры и характеристики фотодиодов. Режимы работы.
  11. Полупроводниковые излучатели. Светодиоды, лазеры. Основные особенности, параметры и характеристики.

### **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

При реализации различных видов учебной работы (лекции, практические занятия (семинары), самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проблемное обучение;
- исследовательские методы в обучении;
- дискуссии.

Лекционные занятия проводятся в основном в традиционной форме. При проведении лекций активно используются ПК и мультимедийный проектор.

При проведении практических занятий (семинаров) в активной форме проводится детальный анализ вопросов физики, технологии, конструирования и проектирования конкретных типов твердотельных электронных приборов в соответствии с приведенным ниже списком тем (по выбору преподавателя).

#### **Примерная тематика практических занятий (семинаров)**

1. Контакт металл-полупроводник в твердотельной электронике и микроэлектронике.
2. Р-п-переход в твердотельной электронике и микроэлектронике.
3. МДП структуры в твердотельной электронике и микроэлектронике.
4. Гетеропереходы в твердотельной электронике и микроэлектронике.
5. Варикапы, варакторы, параметрические диоды.
6. Полупроводниковые фотоприемники.
7. Оптроны.
8. Полупроводниковые лазеры.
9. Оптоэлектронные микросхемы.
10. Силовые полупроводниковые приборы.
11. Стабилитроны.
12. Полупроводниковые приборы с горячими носителями заряда.
13. Полупроводниковые гальваноманнитные приборы.
14. Датчики на эффекте Холла.
15. Полупроводниковые приборы СВЧ и КВЧ.
16. Свойства, особенности и технология перспективных материалов для твердотельной электроники и оптоэлектроники (*GaAs, InP, InGaAs, GaN, SiC, PbS, PbSe, PbSnTe, InSb* и др.).

Планы проведения практических занятий (семинаров) и подробные списки рекомендуемой литературы по темам из приведенного перечня изданы в учебно-методических пособиях:

- Михайлов А.И., Сергеев С.А., Глуховской Е.Г. Физические основы твердотельной электроники и микроэлектроники: Планы семинарских занятий: Учебное пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий / Под общ. ред. проф. А.И. Михайлова. – Саратов: ООО «Редакция журнала «Промышленность Поволжья», 2008. – 116 с.

- Михайлов А.И., Сергеев С.А. Физические основы твердотельной электроники и нанoeлектроники. Планы семинарских занятий. – Germany. Saarbrücken: Издательский Дом: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 228 с. ISBN: 978-3-659-88082-7.

При проведении более 80 % практических (семинарских) занятий используется ПК и мультимедийный проектор.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего учебного семестра и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, практическим занятиям, к контрольной работе, в выполнении заданий лектора, работе в компьютерном классе или библиотеке.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 50 % аудиторных занятий. Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов не могут составлять более 50 % аудиторных занятий.

#### **Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:**

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения и индивидуальных консультаций;
- использование дистанционных образовательных технологий.

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

##### **Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Самостоятельная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего семестра и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, практическим занятиям, к контрольной работе, в выполнении заданий лектора.

##### Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- при подготовке к контрольной работе пользоваться лекциями и рекомендованной литературой;
- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачета.

##### Перечень заданий самостоятельной работы, предлагаемых студентам в ходе чтения лекций:

- Рассчитать толщину области пространственного заряда контакта металл-полупроводник для германия с концентрацией доноров  $10^{14} \text{ см}^{-3}$  и контактной разностью потенциалов 0,2 В.
- Пользуясь понятием дифференциальной емкости, получить выражение, определяющее барьерную емкость резкого асимметричного p-n-перехода.
- Полупроводниковые диоды. Выпрямительные диоды. Высокочастотные диоды. Импульсные диоды. Диоды СВЧ.
- Варикапы. Стабилитроны.
- Фотодиоды. Воздействие света на p-n-переход. Конструкции, параметры и характеристики фотодиодов. Режимы работы.

- Полупроводниковые излучатели. Светодиоды, лазеры. Основные особенности, параметры и характеристики.

В ходе изучения дисциплины в часы практических занятий студенты выполняют контрольную работу.

При подготовке к контрольной работе необходимо использовать материал прочитанных лекций.

Контрольная работа.

Вариант А. МДП структуры.

Вариант Б. Гетеропереходы.

При выполнении данной контрольной работы студент должен продемонстрировать знания по принципам построения зонных диаграмм для МДП-структур и режимам в приповерхностном слое полупроводника, по принципам построения зонных диаграмм гетеропереходов и их особенностям по сравнению с гомогенными переходами.

Результаты выполнения контрольной работы учитываются при проведении промежуточной аттестации студентов.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

**Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

1. Дрейфовый и диффузионный токи в полупроводнике. Выражение для плотности полного тока.
2. Контакт металла с полупроводником (КМП). Работа выхода и контактная разность потенциалов. Типы КМП и их зонные модели. Барьер Шоттки. Омический контакт.
3. Толщина области пространственного заряда КМП и ее зависимость от внешнего приложенного напряжения (качественное рассмотрение и расчет).
4. Выпрямление на КМП (качественное рассмотрение). Виды токов через КМП.
5. Диффузионная теория выпрямления на КМП.
6. Диодная теория выпрямления на КМП; сравнение с диффузионной теорией. Реальные контакты.
7. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры). Идеальная МДП-структура.
8. Режимы обогащения, обеднения, инверсии и глубокого обеднения в приповерхностном слое полупроводника МДП-структуры. Вольт-фарадная характеристика МДП-структуры.
9. Расчет зависимости емкости МДП-структуры от напряжения в режиме обеднения.
10. Р-п-переход. Выпрямление на р-п-переходе. Зонная модель р-п-перехода при прямом и обратном смещении.
11. Зависимость толщины области пространственного заряда р-п-перехода от внешнего приложенного напряжения (расчет). Барьерная емкость р-п-перехода.
12. Виды токов через р-п-переход. Расчет ВАХ р-п-перехода.
13. Диффузионная емкость р-п-перехода (расчет).
14. Влияние на ВАХ р-п-перехода различных факторов и внешних воздействий. Виды пробоя р-п-перехода: лавинный, туннельный, тепловой.
15. Гетеропереходы (ГП). Анизотипные и изотипные ГП. Зонные модели ГП. Особенности ГП в сравнении с гомо- р-п-переходами.
16. Место и значение полупроводниковых приборов и интегральных схем в науке и технике. Явления переноса в твердых телах.
17. Выпрямительные диоды. Классификация полупроводниковых диодов. Германиевые и кремниевые выпрямительные низкочастотные диоды.
18. Высокочастотные диоды. Импульсные диоды. Диоды с быстрым восстановлением и диоды с накоплением заряда.
19. Выпрямительные СВЧ диоды. Эквивалентная схема СВЧ диода. Параметры и примеры применения.

20. СВЧ детектор на термоЭДС горячих носителей заряда.
21. Варикап. Принцип действия варикапа. Основные параметры и характеристики.
22. Стабилитрон. Пробой р-п-перехода. Основные параметры и характеристики стабилитронов.
23. Фотодиод. Воздействие света на р-п-переход. Параметры и характеристики фотодиодов. Режимы работы.
24. Инжекционный гетеролазер.
25. Конструкции, параметры и характеристики полупроводниковых лазеров.

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	20	0	20	20	0	0	40	100

### Программа оценивания учебной деятельности студента

#### 7 семестр

##### **Лекции**

Посещаемость, активность работы в аудитории, правильность ответов при опросах, качество выполнения заданий лектора – от 0 до 20 баллов.

##### **Лабораторные занятия**

Не предусмотрены

##### **Практические занятия**

Посещаемость, активность работы в аудитории, правильность ответов при опросах и выполнении заданий, уровень подготовки к занятиям и др. – от 0 до 20 баллов.

##### **Самостоятельная работа**

Качество подготовки к лекционным и практическим занятиям (семинарам), активность на занятиях, качество выполнения контрольной работы – от 0 до 20 баллов.

##### **Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено

##### **Другие виды учебной деятельности**

Не предусмотрены

**Промежуточная аттестация** по дисциплине «Физические основы твердотельной электроники» оценивается от 0 до 40 баллов и проводится в форме зачета.

Зачет проводится в устной форме и предполагает ответ на 2 вопроса билета.

При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «зачтено» оценивается от 24 до 40 баллов;

ответ на «не зачтено» оценивается от 0 до 23 баллов;

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7 семестр по дисциплине «Физические основы твердотельной электроники» составляет **100** баллов.



Таблица 2.1. Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Физические основы твердотельной электроники» в оценку (зачет):

60 баллов и более	«зачтено»
меньше 60 баллов	«не зачтено»

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) литература:

1. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 9-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. – 480 с. (в ЗНБ СГУ 134 экз.)
2. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учебник. – 4-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. - 390 с. (в ЗНБ СГУ 32 экз.)
3. Шалимова К. В. Физика полупроводников [**Электронный ресурс**]: учебник. - 4-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2021. – 390 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167840>. – ЭБС "ЛАНЬ".
4. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 336 с. (в ЗНБ СГУ 30 экз.)
5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 488 с. (в ЗНБ СГУ 35 экз.)
6. Лозовский В.Н., Константинова Г.С., Лозовский С.В. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность: учеб. пособие. - 2-е изд., испр. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. - 327 с. (в ЗНБ СГУ 6 экз.)
7. Михайлов А.И., Сергеев С.А. Физические основы твердотельной электроники: Учеб. пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий. – 2-е изд., с изм. – Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2020. – 192 с. : ил. ISBN 978-5-292-04672-1 (print) ISBN 978-5-292-04673-8 (online). (в ЗНБ СГУ 3 экз.)
8. Михайлов А.И., Сергеев С.А. Физические основы твердотельной электроники: Учебное пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2007. – 164 с. (в ЗНБ СГУ 3 экз.)
9. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники: Учебное пособие. – М.: Университетская книга; Логос; Физматкнига, 2006. – 494 с. (в ЗНБ СГУ 14 экз.)
10. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. – М.: Техносфера, 2006. – 592 с. (в ЗНБ СГУ 14 экз.)
11. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учеб. пособие для вузов / И.П. Степаненко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лаборатория Базовых знаний, 2003. – 488 с. (в ЗНБ СГУ 3 экз.)
12. Джексон Р.Г. Новейшие датчики: Пер. с англ. под ред. В.В. Лучинина. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с. (в ЗНБ СГУ 9 экз.)
13. Пикус Г.Е. Основы теории полупроводниковых приборов. – М.: Наука, 1965. – 448 с.

### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. MathCad 14.0
5. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
6. Зональная научная библиотека им. В.А. Артисевич Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Занятия по дисциплине «Физические основы твердотельной электроники» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами, плакатами, соответствующих действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», профиль «Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур».

Автор: Михайлов А.И.

Программа разработана в 2019 г. и одобрена на заседании кафедры физики полупроводников от 30 октября 2019 г., протокол № 3.

Программа актуализирована в 2021 г. и одобрена на заседании кафедры физики полупроводников от 20 октября 2021 года, протокол № 2.

**Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Рекомендуемая литература:

1. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – 426 с.
2. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: В 2-х книгах. – М.: Мир, 1984. Кн. 1. – 456 с. Кн. 2.- 456 с.
3. Тугов Н.М. Глебов Б.А., Чарыков Н.А. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов / Под ред. В.А. Лабунцова. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
4. Шур М.С. Современные приборы на основе арсенида галлия. Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 632 с.
5. Ефимов И.Е., Козырь И.Я., Горбунов Ю.И. Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность: Учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1977. – 464 с.
6. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1977. – 672 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
7. Родерик Э.Х. Контакты металл-полупроводник. – М.: Радио и связь, 1982. – 209 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
8. Михайлов А.И., Сергеев С.А., Глуховской Е.Г. Физические основы твердотельной электроники и микроэлектроники: Планы семинарских занятий: Учебное пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий / Под общ. ред. проф. А.И. Михайлова. – Саратов: ООО «Редакция журнала «Промышленность Поволжья», 2008. – 116 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
9. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: Учеб. пособие. – 2-е изд., доп. – М.: Техносфера, 2007. – 408 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз.)
10. Фистуль В.И. Введение в физику полупроводников: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. шк., 1984. – 352 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
11. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учеб. пособие. – М.: Высшее образование, 2009. – 463 с. Гриф УМО (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
12. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию: Пер. с японск. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 134 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз.)
13. Росадо Л. Физическая электроника и микроэлектроника: Пер. с испан. С.И. Баскакова / Под ред. В.А. Терехова; Предисл. В.А. Терехова. – М.: Высш. шк., 1991. – 351 с.
14. Климов Б.Н. Взаимодействие горячих носителей заряда с коротковолновым СВЧ излучением. – Саратов: Изд-во Саратов ун-та, 1976. – 222 с.
15. Климов Б.Н., Цукерман Н.М. Гетеропереходы в полупроводниках. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1976. – 180 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз.)
16. Гусятинер М.С., Горбачев А.И. Полупроводниковые сверхвысокочастотные диоды. – М.: Радио и связь, 1983. – 224 с.
17. Евсеев Ю.А. Полупроводниковые приборы для мощных высоковольтных преобразовательных устройств. – М.: Энергия, 1978. – 192 с.
18. Михайлов А.И. Твердотельные параметрические приборы сверхвысоких частот. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1989. – 154 с. (Учебная литература)
19. Михайлов А.И., Стецюра С.В., Сергеев С.А. Лабораторный практикум по физике полупроводниковых приборов: Учебное пособие. В 2-х частях. Часть 1. – Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2002. – 72 с.
20. Михайлов А.И., Сергеев С.А. Физические основы твердотельной электроники и нанoeлектроники. Планы семинарских занятий. – Germany. Saarbrücken: Издательский Дом: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 228 с. ISBN: 978-3-659-88082-7.