

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  
2023 г.



Рабочая программа дисциплины  
Основы молекулярной электроники

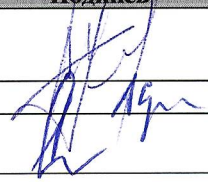
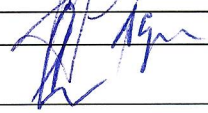
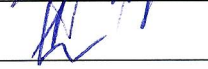
Направление подготовки бакалавриата  
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

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

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2023

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Ушаков Н.М.		08.06.23
Председатель НМК	Скрипаль Ан. В.		08.06.23
Заведующий кафедрой	Скрипаль Ал. В.		08.06.23
Специалист Учебного управления			

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Основы молекулярной электроники» является формирование у студентов комплекса начальных профессиональных знаний и умений (владений) и получение представлений о полупроводниковых и диэлектрических материалах на основе молекулярных систем, их свойствах и параметрах, о процессах, происходящих в них под влиянием различных внешних факторов; о полупроводниковых и диэлектрических приборах и их использовании в науке и технике, о тенденциях развития молекулярного полупроводникового приборостроения, электроники и наноэлектроники.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Основы молекулярной электроники» относится к обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП бакалавриата и изучается студентами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» по профилю «Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур» в течение 1 и 2 учебных семестров. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания, умения и владения, полученные в процессе освоения дисциплин: физика, математика, химия, «Введение в высшую математику», «Введение в общую физику» и подготавливает студентов к изучению в последующих семестрах таких дисциплин, как «Ядерная физика, физика атома и конденсированного состояния», «Кристаллография и кристаллофизика», «Электронные свойства кристаллов», «Физика полупроводников», «Основы аналоговой и цифровой электроники», «Вакуумная и плазменная электроника», «Микросхемотехника», «Вычислительные методы в физике полупроводников», «Материалы электронной техники и наноэлектроники», «Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники», «Технология материалов и структур электроники», «Физические основы твердотельной электроники», «Твердотельная электроника», «Микроэлектроника и наноэлектроника», «Квантовая и оптическая электроника», «Физика приборов на квантовых эффектах», «Поверхностные явления в полупроводниках», «Основы математического моделирования в твердотельной электронике», «Основы молекулярной электроники», а также к прохождению учебной ознакомительной практики и производственной технологической практики.

### 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<b>ПК-3</b> Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику теоретического и экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.	<b>1.1_Б.ПК-3.</b> Аргументированно применяет методики проведения теоретических и экспериментальных исследований параметров и характеристик узлов и блоков установок электроники и наноэлектроники. <b>2.1_Б.ПК-3.</b> Решает конкретные задачи по проведению исследований характеристик электронных приборов различного	<b>Знать:</b> Основные методы проведения исследований в области создания новых образцов устройств молекулярной электроники. <b>Уметь:</b> Аргументированно применять методики проведения теоретических и экспериментальных исследований параметров и характеристик узлов и блоков установок электроники и

	<p>функционального назначения.</p> <p><b>3.1_Б.ПК-3.</b></p> <p>Обрабатывает и анализирует результаты теоретических и экспериментальных исследований, определяет элементы новизны в разработке электронных приборов различного функционального назначения.</p>	<p>наноэлектроники, решать конкретные задачи исследований характеристик приборов.</p> <p><b>Обладать:</b></p> <p>Навыками обработки и анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований,</p>
--	--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					СРС	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	<u>2</u>	3	4	5	6	7	8	9	10
	8-й семестр.								
1.	Тема 1. Основы молекулярной электроники	8	28	0		14		66	Опрос и обсуждение рефератов
	<b>Промежуточная аттестация</b>	8							<b>Контрольная работа</b>
	<b>Итого:</b>	8	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>66</b>	<b>Зачет</b>
	<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	8	<b>108</b>						

#### Содержание дисциплины

1. Введение в предмет. Основные типы функциональных материалов и устройств молекулярной электроники.
2. Материалы и устройства молекулярной электроники. Проблемы одномолекулярного построения устройств.
3. Инжиниринг материалов для устройств молекулярной электроники
4. Синтез и саморегуляция молекулярных комплексов.
5. Самосборные блок-сополимеры
6. Электроактивные органические соединения
7. Оптические явления в молекулярных системах
8. Технологии тонких молекулярных пленок. Технология Ленгмюр-Блоджетт (ПЛБ) и послойного молекулярного осаждения

9. Методы и приборы характеристики молекулярных систем
10. Элементная база молекулярной электроники. Выпрямляющие (ВД) и резонансно-туннельные диоды (РТД) и т.д..
11. Электроника молекулярных систем на поверхности полупроводников
12. Принципы построения современных и перспективных устройств молекулярной электроники.

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

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

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

При проведении практических (семинарских) занятий в активной форме обсуждаются ключевые моменты истории становления молекулярной электроники как научного направления, его роль в развитии электроники, история зарождения и развития данного направления в СГУ, проводится детальный анализ важнейших свойств полупроводниковых и диэлектрических молекулярных материалов, рассматриваются основные физические процессы, протекающие в различных молекулярных структурах (КМП, МДП и т.д.), рассматриваются основы физики наиболее важных твердотельных электронных приборов и устройств. При проведении более 80 % практических (семинарских) занятий используется ПК и мультимедийный проектор.

Список рекомендуемой литературы для подготовки к практическим (семинарским) занятиям по избираемым темам указан в разделе 8 рабочей программы дисциплины.

### **Тематика практических занятий (семинаров)**

Тематика практических занятий (семинаров) полностью соответствует содержанию дисциплины, приведенному в разделе 4 программы.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего периода изучения дисциплины и заключается в подготовке к практическим (семинарским) занятиям, к контрольным работам, работе в компьютерном классе или библиотеке.

При реализации программы дисциплины предусмотрены также встречи с известными представителями и экспертами российских государственных предприятий электронной промышленности, в ходе которых обсуждаются основные тенденции развития, наиболее перспективные направления и существующие проблемы современной электроники. Встречи носят интерактивный характер и направлены на формирование у студентов способности анализировать отечественную и зарубежную научно-техническую информацию по тематике исследования в области электроники.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, 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 срока изучения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к практическим занятиям (семинарам).

### Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала разбирать вопросы, обсуждаемые на каждом очередном семинаре, до следующего, по непонятым деталям консультироваться у преподавателя, читать соответствующую литературу;

- при подготовке к практическим (семинарским) занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;

## **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
8	40	0	20	40	0	0	0	<b>100</b>

### **Программа оценивания учебной деятельности студента**

#### **8 семестр**

##### **Лекции**

Посещаемость, активность работы в аудитории, правильность ответов при опросах и выполнении заданий, уровень подготовки к занятиям и др. – от 0 до 40 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 практическим занятиям (семинарам), активность на занятиях, качество выполнения контрольной работы, качество выполнения – от 0 до 40 баллов.

##### **Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено

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

Не предусмотрены

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 2 семестр по дисциплине «Основы молекулярной электроники» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1. Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку (зачет):

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

### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### а) литература:

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учебник. – 4-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. - 390 с. (в ЗНБ СГУ 43 экз.)
2. Шалимова К. В. Физика полупроводников [Электронный ресурс]: учебник. - 4-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. – 390 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=648](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=648). – ЭБС "ЛАНЬ".
3. Плотников Г.С., Зайцев В.Б. Физические основы молекулярной электроники: Учебное пособие. – М.: Физический факультет МГУ: 2000. - 164 с. ISBN 5-2] 1-04058-9
4. 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.)
5. Троян П. Е. Наноэлектроника : Учебное пособие. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. - 88 с.
6. Материаловедение и технологии электроники [Электронный ресурс] : Учебное пособие / В.И. Капустин, Александр Сергеевич Сигов. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2014. - 427 с. - ISBN 978-5-16-008966-9
7. 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.)
8. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию: Пер. с японск. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 134 с. (в ЗНБ СГУ 12 экз.)
9. Щука А.А. Электроника. Учебное пособие / Под ред. проф. А.С. Сигова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 800 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/window/>
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 «Основы молекулярной 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» и профилю «Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур».

Автор: Ушаков Н.М.

Программа одобрена на заседании кафедры физики полупроводников 20 октября 2021 г., протокол № 2

Программа актуализирована в 2023 г. и одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 08 июня 2023 года, протокол № 10.

**Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Рекомендуемая литература:

1. 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.)
2. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1977. – 672 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
3. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учеб. пособие. – М.: Высшее образование, 2009. – 463 с. Гриф УМО (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
4. Климов Б.Н., Цукерман Н.М. Гетеропереходы в полупроводниках. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1976. – 180 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз.)
5. Базовые лекции по электронике (в 2-х томах). Том I. Электровакуумная, плазменная и квантовая электроника / сб. под общ. ред. В.М. Пролейко. – М.: Техносфера, 2009. – 480 с.
6. Базовые лекции по электронике (в 2-х томах). Том II. Твердотельная электроника / сб. под общ. ред. В.М. Пролейко. – М.: Техносфера, 2009. – 608 с.
7. Нанoeлектроника: учеб. пособие / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2011. - 223, с. (А987192-ОХФ).
8. Физические основы кремниевой нанoeлектроники: учеб. пособие / Г.И. Зебрев. - Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2011. - 240 с. (А987166-ОХФ-ЧЗ-4).