

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета, профессор

С.Б. Вениг

" 22 " \_\_\_\_\_ 20 19 г.



Рабочая программа дисциплины  
**Приборы на квантовых эффектах: технология и материалы**

Направление подготовки магистратуры  
22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Профиль подготовки магистратуры  
«Функциональные и интеллектуальные материалы и структуры  
для электроники и биомедицины»

Квалификация (степень) выпускника  
Магистр

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2019

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Кабанов В.Ф.		13.05.19г.
Председатель НМК	Михайлов А. И.		13.05.19г.
Заведующий кафедрой	Михайлов А.И.		22.05.19г.
Специалист Учебно-го управления	Юшинова И. В.		22.05.19г.



## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Приборы на квантовых эффектах: технология и материалы» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний умений и владений и усвоение физических принципов действия различных типов приборов на квантовых эффектах, их сравнительных особенностей и возможностей применения в электронной аппаратуре, технологий и материалов для их изготовления.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Приборы на квантовых эффектах: технология и материалы» относится к факультативным дисциплинам Блока ФТД. Факультативные дисциплины и изучается магистрантами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению подготовки магистров 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и профилю «Функциональные и интеллектуальные материалы и структуры для электроники и биомедицины» в течение 2-го учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные магистрантами знания, умения и владения, полученные в процессе освоения дисциплин «Введение в общую физику», «Механика и молекулярная физика», «Химия», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Термодинамика», «Ядерная физика, физика атома и конденсированного состояния», «Физика полупроводников», «Квантовая механика», «Физико-химические основы технологии электроники и нанoeлектроники», «Технология материалов и структур электроники», и подготавливает студентов к изучению таких дисциплин, как «Моделирование свойств материалов и процессов», «Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов», «Материалы и технологии молекулярной электроники», а также к прохождению учебных и производственных практик.

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<b>УК-1</b> Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<b>1.2_М.УК-1.</b> Осуществляет поиск алгоритмов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации. Определяет в рамках выбранного алгоритма вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей детальной разработке. Предлагает способы их решения.	<u>знать</u> основные физические идеи, лежащие в основе принципа действия приборов на квантовых эффектах; <u>уметь</u> теоретически анализировать параметры и характеристики приборов на квантовых эффектах; <u>владеть</u> основным подходам к анализу приборов на квантовых эффектах
<b>ПК-14.</b> Способен анализировать физические и хими-	<b>2.1_М. ПК-14.</b> Подготавливает аналитические обзоры	<u>знать</u> основные особенности технологии и требования к

ческие процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модификации; использовать знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	на основе обобщения результатов законченных исследований. <b>3.1_М. ПК-14.</b> Эффективно организует выбор средств и методов измерений.	материалам приборов на квантовых эффектах; <u>уметь</u> анализировать и прогнозировать параметры и характеристики приборов на квантовых эффектах; <u>владеть</u> информацией по методикам, методам и основным подходам к материалам приборов на квантовых эффектах
---	--	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				5	6	7	8	
1	<u>2</u>	3	4	5	6	7	8	
				Лек	Лаб	Пр	СРС	
1.	Введение.	2	1-2	2			2	
2.	Квантовые эффекты и их возможные применения.	2	3-4	2			2	Проверка выполнения текущей и самостоятельной работы
3.	Квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки. Энергетические спектры электрона.	2	5-7	4			10	Проверка выполнения текущей и самостоятельной работы
4.	Применение квантово-размерных структур в приборах микро- и нанoeлектроники.	2	7-8	4		4	6	Проверка выполнения <u>работы промежуточного контроля</u>
5.	Технология и материалы для приборов на квантовых эффектах.	2	9-10	2		2	8	Проверка выполнения текущей и самостоятельной работы
6.	Физико-химические основы получения композиционных материалов	2	11-12			4	8	Проверка выполнения текущей и самостоятельной работы
7.	Принципы самоорганиза-	2	13-14			4	8	Проверка вы-

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				5	6	7	8	
1	<u>2</u>	3	4	Лек	Лаб	Пр	СРС	
	ции квантовых точек							полнения текущей и самостоятельной работы
	<b>Промежуточная аттестация</b>	2						<b>Зачет</b>
	<b>Итого:</b>	<b>2</b>		<b>14</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>44</b>	
	<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>			<b>72</b>				

### Содержание дисциплины

1. Введение. Основные физические идеи, тенденции и перспективы развития приборов на квантовых эффектах.
2. Квантовые эффекты и их возможные применения. Размерное квантование и квантово-размерные структуры. Квантовые ямы, нити, точки.
3. Энергетические спектры электронов в квантово-размерных структурах.
4. Применение квантово-размерных структур в приборах микро- и нанoeлектроники: фотоприемники, светодиодные лазеры на квантовых ямах и квантовых точках; приборы на баллистических эффектах; резонансно-туннельные диоды и транзисторы; одноэлектроника.
5. Технология и материалы для приборов на квантовых эффектах. Спонтанноупорядоченные структуры. Электрохимические методы получения наночастиц. Методы молекулярно-лучевой эпитаксии.
6. Физико-химические основы получения композиционных материалов
7. Принципы самоорганизации квантовых точек. Коллоидный синтез квантовых точек.

В ходе изучения дисциплины студенты выполняют работу промежуточного контроля.

При подготовке к работе промежуточного контроля необходимо использовать материал прочитанных лекций.

Работа промежуточного контроля:

#### **Физические основы размерного квантования энергии электронов.**

При выполнении контрольной работы студент должен продемонстрировать знания основных элементов квантовой теории (гипотеза Планка, модель строения атома Бора, гипотеза Луи де Бройля, принцип неопределенности Гейзенберга, физических основ размерного квантования энергии электронов, учет особенностей свойств материалов для приборов на квантовых эффектах).

Результаты выполнения работы промежуточного контроля учитываются при проведении промежуточной аттестации студентов на зачете.

### **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.

Лекционные занятия проводятся в основном в традиционной форме. При проведении лекционных занятий используется 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 на квантовых эффектах в соответствии с разделами программы дисциплины.

При проведении более 80 % лекционных и 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;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения;
- использование дистанционных образовательных технологий.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Самостоятельная внеаудиторная работа магистрантов 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 индивидуальных заданий преподавателя, работе в компьютерном классе или библиотеке.

### 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 практическим занятиям (семинарам) 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.

### Промежуточная аттестация проводится в форме *зачета*.

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

1. История, основные физические идеи, тенденции и перспективы развития приборов на квантовых эффектах.
2. Квантово-размерный эффект. Условия наблюдения квантово-размерных эффектов. Энергетический спектр частицы в потенциальной яме.
3. Структуры с двумерным электронным газом. Структуры с одномерным электронным газом (квантовые нити). Структуры с нуль-мерным электронным газом (квантовые точки). Энергетический спектр сверхрешеток.
4. Технология квантово-размерных структур. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии. Газофазная эпитаксия их металлоорганических соединений. Нанолитография. Самоорганизация квантовых нитей и точек.
5. Плотность состояний в электронных системах с пониженной размерностью. Особенности статистики носителей заряда в низкоразмерных структурах.
6. Оптические свойства квантовых ям. Межзонное поглощение. Межуровневые переходы. Оптическая ионизация квантовых ям. Эффекты деполяризации.
7. Кинетические эффекты в двумерных системах. Время релаксации и подвижность. Механизмы рассеяния. Баллистический транспорт.
8. Технология и материалы для приборов на квантовых эффектах. Спонтанно-упорядоченные структуры. Электрохимические методы получения наночастиц. Методы молекулярно-лучевой эпитаксии.
9. Физико-химические основы получения композиционных материалов
10. Принципы самоорганизации квантовых точек. Коллоидный синтез квантовых точек.

11. Свойства квантовых нитей и квантовых точек. Баллистическая проводимость квантовых нитей.
12. Лазеры с квантовыми ямами и квантовыми точками.
13. Фоточувствительные квантово-размерные структуры.
14. Фотоприемники на квантовых ямах.
15. Резонансно-туннельные диоды и транзисторы.
16. Транзисторы на горячих электронах.
17. Приборы на баллистических эффектах.
18. Одноэлектроника.

## 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
2	20	0	20	20	0	0	40	<b>100</b>

### Программа оценивания учебной деятельности магистранта

#### 2 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 предусмотрены

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

Не предусмотрены

**Промежуточная аттестация** по дисциплине «Приборы на квантовых эффектах: технология и материалы» оценивается от 0 до 40 баллов и проводится в форме *зачета*.

При проведении промежуточной аттестации в форме зачета:

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 2 семестр по дисциплине «Приборы на квантовых эффектах: технология и материалы» 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. 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
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. Нанoeлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие / Троян П. Е. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. - 88 с.
4. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур. Часть II [Текст] / А. А. Величко, Н. И. Филимонова. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2014. - 227 с. - ISBN 978-5-7782-2534-3 : Б. ц.
5. Микро- и нанoeлектроника [Текст] / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2012. - 38 с. - ISBN 978-5-7782-2095-9 : Б. ц.
6. 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.)
7. Материаловедение и технологии электроники [Текст] : Учебное пособие / В И Капустин, Александр Сергеевич Сигов. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2014. - 427 с. - ISBN 978-5-16-008966-9 : Б. ц.
8. 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.)
9. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники: Учебное пособие. – М.: Университетская книга; Логос; Физматкнига, 2006. – 494 с. (в ЗНБ СГУ 14 экз.)
10. Нанoeлектроника: учеб. пособие / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2011. - 223, с. (А987192-ОХФ).

### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

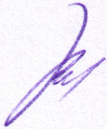
1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. MathCad 14.0
5. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/window/>
6. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного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



## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Приборы на квантовых эффектах: технология и материалы» 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 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и с профилем «Функциональные и интеллектуальные материалы и структуры для электроники и биомедицины».

Автор: доцент Кабанов В.Ф. 

Программа одобрена на заседании кафедры физики полупроводников от 22 мая 2019 года, протокол № 6.