Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИИФиРЭ
_____/А.В.Минаков/
«11» мая 2022 г.

ИИФиРЭ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств

Направление подготовки/специальность 2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и связь

Направленность (профиль) 2.2.2 Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств

Красноярск 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями
Группа научных направлений/научная специальность
2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и связь
2.2.2 Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств

Программу составили _____ А.А. Левицкий

_____А.И. Панкрац

_____ П.П. Турчин

Заведующий кафедрой (разработчик) _____ П.П.Турчин

«17» марта 2022 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании базовой кафедры твердого тела и нанотехнологий
«17» марта 2022 г. протокол № 4

Заведующий кафедрой (выпускающей) _____ П.П.Турчин

Дополнения и изменения в учебной программе на 20 __/20__ учебный год.
В рабочую программу вносятся следующие изменения: _____
_____

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____
_____
«____» _____ 201__г. протокол № _____

Заведующий кафедрой _____

Внесенные изменения утверждаю:
Директор ИИФиРЭ _____

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является получение аспирантами знаний по физике полупроводников, микросхемотехнике, о технологии полупроводниковых приборов и интегральных схем, а также приобретение навыков контроля качества и надежности полупроводниковых приборов.

1.2 Задачи изучения дисциплины

- формирование представления об особенностях формирования физических свойств в полупроводниковых материалах;
- изучение теоретических подходов и моделей, описывающих физику явлений, характерных для различных конденсированных состояний вещества;
- освоение основных понятий и методов теоретического описания актуальных проблем в твердотельной электронике;
- развитие умения использовать и применять результаты исследований в практических приложениях.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения данной дисциплины у аспиранта должны сформироваться следующие умения и навыки:

- способность планировать и ставить задачи исследования в области твердотельной электроники;
- выбирать методы работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований;
- способность самостоятельно выполнять научные исследования;
- применять полученные знания для решения практических и технологических задач.

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к образовательной компоненте учебного плана.

Перечень основных дисциплин, усвоение которых необходимо аспирантам для изучения данной дисциплины:

1. Общая физика
2. Основы физического эксперимента
3. Квантовая механика
4. Статистическая физика и термодинамика

5. Физика твердого тела

Основные положения курса могут быть использованы при изучении предметов, связанных с решением задач обработки информации и компьютерного моделирования.

1.5 Особенности реализации дисциплины

Дисциплина реализуется на русском языке.

2 Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр
		6
Общая трудоемкость дисциплины	2 (72)	2 (72)
Контактная работа с преподавателем:	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия		
другие виды контактной работы		
в том числе: курсовое проектирование		
групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иные виды внеаудиторной контактной работы		
Самостоятельная работа обучающихся:	1,5 (54)	1,5 (54)
изучение теоретического курса (ТО)	1,5 (54)	1,5 (54)
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	экзамен	экзамен

По материалам данной дисциплины сдается кандидатский экзамен по специальности в 6 семестре.

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад.час)	Занятия семинарского типа (Семинары и/или Практические занятия	Самостоятельная работа, (акад.час)

			(акад.час))	
1	2	3	4	5
1	Физика полупроводников и полупроводниковых приборов	5		10
2	Приборы твердотельной электроники и микро-электроники	4		16
3	Моделирование, испытания, надежность приборов твердотельной электроники, радиоэлектроники и изделий микро- и наноэлектроники	4		18
4	Физические эффекты в малоразмерных твердотельных структурах, специфические приборы наноэлектроники и методы их изготовления, основные принципы создания приборов на квантовых эффектах	5		10

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий[1]	Объем в акад. часах	
			всего	в том числе в инновационной форме
1	1	Общие свойства полупроводников. Природа химической связи. Структура кристаллов. Зонная теория твердого тела.	1.0	
2	1	Основы статистической физики. Рекомбинация носителей заряда. Электропроводность полупроводников.	1.0	

[1] В случае применения ЭО и ДОТ после наименования занятия ставится звездочка «*» с указанием места проведения занятия: (А) – в аудитории, (О) – онлайн-занятие в ЭИОС.

3	1	Электронно-дырочный (р-п) переход. Зонная диаграмма полупроводниковой структуры.	1.0	
4	1	Контакт металл-полупроводник. Теория Шоттки. Структура металл-диэлектрик-полупроводник.	1.0	
5	1	Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Лазерный эффект в полупроводниках. Термоэлектрические явления.	1.0	
6	2	Полупроводниковые диоды. Полупроводниковые транзисторы. Тиристоры и их разновидности.	1.0	
7	2	Полупроводниковые интегральные схемы. Микросхемотехника.	1.0	
8	2	Оптоэлектроника.	1.0	
9	2	Акустоэлектроника и акустооптика.	1.0	
10	3	Моделирование как основа проектирования приборов твердотельной, микро- и нано- электроники	1.0	
11	3	Системы моделирования и автоматизированного проектирования.	1.0	
12	3	Методы повышения радиационной стойкости приборов.	1.0	
13	3	Основные положения, понятия и определения современной теории надежности.	1.0	
14	4	Размерное квантование в гетероструктурах.	1.0	
15	4	Транспортные явления в малоразмерных полупроводниковых структурах.	1.0	
16	4	Квантование кулоновской энергии в мезоскопических системах.	1.0	
17	4	Одноэлектроника.	1.0	
18	4	Представления об элементной базе квантовых компьютерах	1.0	

3.3 Занятия семинарского типа

Учебным планом не предусмотрены.

4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Шишкин, Геннадий Георгиевич. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов / Г. Г. Шишкин, И. М. Агеев. - Москва : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011. - 408 с.
2. Научные основы нанотехнологий и новые приборы [Текст] : учебник-монография : перевод с английского / под ред.: Р. Келсалл, А. Хамли, М. Геогеган. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 527 с.
3. Игнатов, Александр Николаевич. Оптоэлектроника и нанофотоника [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям "Электроника и наноэлектроника", "Телекоммуникации" / А. Н. Игнатов. - [Б. м.] ; Москва ; Краснодар : Лань, 2011. - 538 с.
4. Оптоэлектроника [Текст] : в 2-х ч. / О. Н. Ермаков [и др.]. - Москва : Янус-К, 2010 - 2011. - (Электроника в техническом университете. Прикладная электроника). Ч. 2 : Оптроника. - 2011. - 611 с.
5. Игнатов, Александр Николаевич. Микросхемотехника и наноэлектроника [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки 210400 "Телекоммуникации" / А. Н. Игнатов. - [Б. м.] ; Москва ; Краснодар : Лань, 2011. - 527 с.
6. Грундман, Мариус. Основы физики полупроводников. Нанофизика и технические приложения = The Physics of Semiconductors. An Introduction Including Nanophysics and Applications : перевод с английского / М. Грундман ; ред. пер. В. А. Гергель. - 2-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 771 с. : 3 л. цв. ил., рис., табл. - ISBN 978-5-9221-1394-6.
7. Киселев, Геннадий Леонидович. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов / Г. Л. Киселев. - 2-е изд., испр. и доп. - [Б. м.] ; Москва ; Краснодар : Лань, 2011. - 313 с.
8. Зебрев, Геннадий Иванович. Физические основы кремниевой наноэлектроники [Текст] : учеб. пособие / Г. И. Зебрев. - Москва : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011. - 240 с.
9. Колмаков, Алексей Георгиевич. Основы технологий и применение наноматериалов [Текст] : [монография] / А. Г. Колмаков, С. М. Баринов,

М. И. Алымов. - Москва : Физматлит, 2012. - 208 с. : ил., рис., табл. - Библиогр.: с. 183-208.
10. Игумнов, Дмитрий Васильевич. Основы полупроводниковой электроники [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Прикладная информатика" и другим междисциплинарным специальностям / Д. В. Игумнов, Г. П. Костюнина. - 2-е изд., доп. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. - 393 с.

5 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Основная литература:

1. Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 528 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/690;
2. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов / Г. Г. Шишкин, И. М. Агеев. - Москва : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011. - 408 с.;
3. Научные основы нанотехнологий и новые приборы [Текст] : учебник-монография : перевод с английского / под ред.: Р. Келсалл, А. Хамли, М. Геогеган. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 527 с.;
4. Оптоэлектроника [Текст] : в 2-х ч. / О. Н. Ермаков [и др.]. - Москва : Янус-К, 2010 - 2011. - (Электроника в техническом университете. Прикладная электроника);
   Ч. 2 : Оптроника. - 2011.;
5. Основы наноэлектроники [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - Москва : Физматкнига, 2006. - 494 с;
6. Полупроводниковые приборы [Текст] : учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров "Электроника и микроэлектроника" и по направлению подготовки дипломированных специалистов "Электроника и микроэлектроника" / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 9-е изд., стереотип. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009. - 479 с.

5.2 Дополнительная литература:

1. Физика полупроводников [Текст] : учебник / К. В. Шалимова. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. - 391 с.
2. Зондовые нанотехнологии в электронике [Текст] : монография / В. К. Неволин. - Москва : Техносфера, 2005. - 148 с.

3. Электронные приборы [Текст] / А. Л. Булычев, П. М. Лямин, Е. С. Тулинов. - Москва : Лайт ЛТД, 2000. - 416 с.
4. Электроника [Текст] : полный курс лекций / В. А. Прянишников. - 3-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Учитель и ученик : КОРОНА принт, 2003. - 415 с.
5. Физика полупроводниковых приборов [Текст] = Physics of Semiconductor Devices : в 2-х кн. / С. Зи ; ред. Р. А. Сурис. - Москва : Мир, 1984.
   Кн. 1 / пер. с англ.: В. А. Гергель, В. В. Ракитин. - 1984. - 455 с.
6. Физика полупроводниковых приборов [Текст] = Physics of Semiconductor Devices : в 2-х кн. / С. Зи ; ред. Р. А. Сурис. - Москва : Мир, 1984.
   Кн. 2 / пер. с англ. В. А. Гергель [и др.]. - 1984. - 455 с.
7. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры [Текст] / Н. Г. Рамбиди. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 255 с.

6 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. http://www.fml.ru
2. http://ics.org.ru
3. http://www.ufn.ru
4. http://www.kirensky.ru

7 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Для самостоятельного изучения теоретического материала рабочей программой предусмотрено 54 часа. В силу ограниченности аудиторного времени часть материала рассматривается достаточно кратко. В связи с этим, возникает необходимость самостоятельного изучения соответствующих тем для лучшего усвоения материала и грамотного представления результатов численных расчетов. Самостоятельная работа позволяет аспирантам лучше разобраться в тонкостях численных алгоритмов решения различных задач. Изучая алгоритмы, используемые в конкретных физических задачах, аспиранты быстрее осознают практическую сторону рассматриваемых методов, степень их применимости к определенным задачам и роль численных методов в современной научной работе. Форма контроля самостоятельного изучения теоретического курса – зачет.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями

здоровья представляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации в зависимости от нозологии:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1. Перечень необходимого программного обеспечения

1. Microsoft Office
2. Adobe Acrobat

9.2. Перечень необходимых информационных справочных систем

В рамках изучения дисциплины обучающимся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам:

- свободный доступ в сеть Интернет, в т.ч. к электронным реферативным базам данных, включающим научные журналы, патенты, материалы научных конференций, информацию по цитируемости статей (в том числе и для российских авторов);
- доступ к библиотечному фонду (см. сайт СФУ, раздел «Библиотека», http://bik.sfu-kras.ru/);
- доступ к научной электронной библиотеке Elibrary (elibrary.ru);
- доступ к электронной библиотеке диссертаций РГБ (условия доступа – по логину/паролю с компьютеров НГБ СФУ; постраничный просмотр, печать и постраничное сохранение диссертации в графическом формате).

10. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Занятия проводятся в учебных аудиториях для занятий лекционного типа. Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.