

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор обеспечивающей Школы
неразрушающего контроля и
безопасности

Д.А. Седнев

«30» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2017 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Нанoeлектроника			
Направление подготовки/ специальность	11.03.04 Электроника и наноэлектроника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Электроника и наноэлектроника		
Специализация	Прикладная электронная инженерия		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	3	семестр	5
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	-	
	ВСЕГО	32	
Самостоятельная работа, ч		76	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной
аттестации

зачет

Обеспечивающее
подразделение

Отделение
Электронной
инженерии

Зав. кафедрой-руководитель
отделения на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

П.Ф. Баранов

В.С. Иванова

Г.В. Арышева

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ОПК(У)-7	Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Р4	ОПК(У)- 7.В2	Владеет опытом использования новых технологий, обеспечивающих повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области электроники и нанoeлектроники
			ОПК(У)- 7. 3 2	Знает современные тренды в области нанoeлектроники
			ОПК(У)-7. У 2	Умеет сделать адекватный выбор нанoeлектронных приборов на основе квантово-размерных структур в рамках своей профессиональной деятельности

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Обобщать знания в области физико-химических процессов формирования квантово-размерных структур с целью унификации знаний и умений в области технологии получения изделий нанoeлектроники.	ОПК(У)-7
РД-2	Выполнять анализ и расчет электрических цепей нанoeлектронных приборов, в том числе и с нелинейными элементами.	ОПК(У)-7
РД -3	Решать профессиональные задачи в области промышленной электроники с использованием нанoeлектроники.	ОПК(У)-7

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Теоретические основы нанoeлектроники.	РД-1	Лекции	2
	РД-2	Практические занятия	2
	РД-3	Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	6
Раздел 2. Свойства наноструктур и наноструктурированных материалов.	РД-1	Лекции	4
	РД-2	Практические занятия	4

	РД-3	Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	18
Раздел 3. Полупроводниковые гомо- и гетероструктуры и приборы на их основе.	РД-1	Лекции	4
	РД-2	Практические занятия	4
	РД-3	Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	20
Раздел 4. Нанoeлектронные приборы на основе квантово-размерных структур.	РД-1	Лекции	4
	РД-2	Практические занятия	4
	РД-3	Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	20
Раздел 5. Базовые логические элементы квантовых компьютеров.	РД-1	Лекции	2
	РД-2	Практические занятия	2
	РД-3	Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Теоретические основы наноэлектроники

Введение. Создание, исследование и применение электронных приборов с нанометровыми размерами элементов, в основе функционирования которых лежат квантовые эффекты.

Темы лекций:

1. Этапы развития и современное состояние технологии материалов и приборов макро-, микро- и наноэлектроники. Описание современных нанотехнологий: стратегии «сверху вниз» и «снизу вверх». Описание методов нанодиагностики.

Темы практических занятий:

1. Основные положения квантовой механики, используемые в наноэлектронике. Сверхрешетки. Одноэлектроника и спинтроника. Плотность энергетических состояний в низкоразмерных структурах.

Раздел 2. Свойства наноструктур и наноструктурированных материалов

Классификация, свойства наноструктур и наноструктурированных материалов. Низкоразмерные структуры.

Темы лекций:

2. Классификация низкоразмерных структур и наноматериалов. Свойства двумерных и одномерных структур и материалов. Низкоразмерные структуры (квантовая яма, нить и точка). Гетеропереход и гетероструктура. Пленочные и резонансно-туннельные структуры.

3. Свойства углеродных наноструктур. Карбин, графен, нанотрубки, фуллерены, фуллериды, фуллериты, эндоэдральные структуры – их свойства и применение в наноэлектронике. Фотонные кристаллы. Полимерные материалы. Пленки поверхностно-активных веществ. ДНК как компонент наноструктур. Фотонно-кристаллические волокна. Органические проводники и полупроводники. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. ДНК – как «строительный» материал для наноконструкций. Технология создания наноматериалов и наноструктур и метод их диагностики.

Темы практических занятий:

2. Физические и оптические свойства сверхрешеток. Электропроводные и оптические свойства нанонитей.

3. Кулоновская блокада и кулоновская лестница. Гигантское магнетосопротивление. Квантовый целочисленный и дробный эффект Холла в двумерном электронном газе.

Раздел 3. Полупроводниковые гомо- и гетероструктуры и приборы на их основе

Применение гомо- и гетероструктур в приборах микро - и нанoeлектроники.

Темы лекций:

4. Микроскопия (электронные, сканирующие туннельные и атомно-силовые микроскопы). Молекулярно-лучевая эпитаксия. Технология создания квантовых точек и нитей. Основные технологические методы создания углеродных наноматериалов. Нанолитография.

5. Электрические гомо- и гетеропереходы. Равновесный и неравновесный p-n переход.

Темы практических занятий:

4. Электрическая модель p-n перехода. Переходы металл-полупроводник.

5. Биполярные и полевые транзисторы. Общие вопросы. Устройство транзисторов. Режимы работы. Биполярные и полевые гетеронанотранзисторы. Нанотранзисторы на структурах кремний на изоляторе (КНИ).

Раздел 4. Нанoeлектронные приборы на основе квантово-размерных структур

Применение квантово-размерных структур в приборах микро - и нанoeлектроники. Двухбарьерные квантовые системы.

Темы лекций:

6. Резонансно-туннельные приборы, диоды, транзисторы. Одноэлектронные и спинтронные приборы. Полупроводниковые фотоприборы. Полевые транзисторы с резонансным туннелированием. Одноэлектронные транзисторы и логические элементы. Фотодиоды. Фотоприемники на основе квантовых ям. Фотоприемники на основе гетероструктур со встроенным массивом квантовых точек.

7. Полупроводниковые инжекционные лазеры и светодиоды.

Темы практических занятий:

1. Двухбарьерные квантовые системы.

2. Усиление в квантовых системах. Инжекционные лазеры на основе квантовых переходов. Лазеры на квантовых ямах и квантовых точках. Униполярные лазеры.

Раздел 5. Базовые логические элементы квантовых компьютеров

История появления, основные сведения и перспективы развития квантовых компьютеров.

Темы лекций:

8. Общие сведения о квантовых компьютерах. Примеры реализованных квантовых компьютеров.

Темы практических занятий:

3. Базовые элементы для квантовых компьютеров на квантовых точках. Логические элементы для квантовых компьютеров на сверхпроводниках.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

– Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных

источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;

- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Борисенко, В. Е.. Нанoeлектроника: теория и практика [Электронный ресурс] / Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Уткина Е. А., Данилюк А. Л.. — 4-е, изд.. — Москва: Лаборатория знаний, 2015. — 369 с..

Схема доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=84103 (контент)

Схема доступа: <https://e.lanbook.com/img/cover/book/84103.jpg> (миниатюра)

2. Смирнов, Ю. А. Основы нано- и функциональной электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1378-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5855> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Шишкин, Г. Г. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства : учебное пособие / Г. Г. Шишкин, И. М. Агеев. — 3-е изд. (эл.). — Москва : Лаборатория знаний, 2015. — 411 с. — ISBN 978-5-9963-2652-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/66208> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Андреев, А.В. Теория частиц с полуцелым спином и сверхтонкая структура атомных уровней [Электронный ресурс] / А.В. Андреев. — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2003. — 51 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48227>.

2. Трубочкина, Н.К. Нанoeлектроника и схемотехника: учебник для академического бакалавриата: в 2 ч.: / Н. К. Трубочкина ; Высшая школа экономики (ВШЭ), Национальный исследовательский университет (НИУ) . — 3-е изд., испр. и доп. . — Москва : Юрайт , 2016 Ч. 1 . — 2016. — 269 с.

3. Щука, Александр Александрович. Нанoeлектроника : учебное пособие / А. А. Щука; под ред. А. С. Сигова. — 2-е изд.. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 342 с.: ил.. — Нанотехнологии. — Библиогр. в конце разд. — Предметный указатель: с. 338-342.. — ISBN 978-5-9963-0735-7.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. <https://www.rusnano.com/>

2. <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb> - информационно-справочные системы и профессиональные базы данных НТБ.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Cisco Webex Meetings;
2. Document Foundation LibreOffice;
3. Google Chrome;
4. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
5. Mozilla Firefox ESR;
6. Zoom Zoom;
7. Adobe Acrobat Reader DC;
8. Adobe Flash Player;
9. Tracker Software PDF-XChange Viewer

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 30, 310	Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 112 посадочных мест; Компьютер - 2 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 46	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 11.03.04 Электроника и микроэлектроника, специализации «Прикладная электронная инженерия» (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Г.В. Арышева

Программа одобрена на заседании выпускающей кафедры точного приборостроения (протокол от «29» июня 2017 г. № 40).

Зав. кафедрой – руководитель отделения
на правах кафедры,
к.т.н.



П.Ф. Баранов

подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭИ ИШНКБ (протокол)
2018/2019 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС 5. Изменена система оценивания	От 29.08.2018 г. № 8
2019/2020 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	От 28.06.2019 г. № 19