Рабочая программа дисциплины
Специальные главы направления

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
	Компетенция НГТУ: ПК.1.В готовность проектировать различные типы полупроводниковых приборов и компонент микросистемной техники
	Компетенция НГТУ: ПК.1.В готовность проектировать различные типы полупроводниковых приборов и компонент микросистемной техники

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК.1.В.з1 знать принципы работы основных типов полупроводниковых приборов и компонент МСТ (микросистемной техники)	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.з1 знать принципы работы основных типов полупроводниковых приборов и компонент МСТ (микросистемной техники)	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.з1 знать принципы работы основных типов полупроводниковых приборов и компонент МСТ (микросистемной техники)	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.з1 знать принципы работы основных типов полупроводниковых приборов и компонент МСТ (микросистемной техники)	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.з1 знать принципы работы основных типов полупроводниковых приборов и компонент МСТ (микросистемной техники)	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.з1 знать принципы работы основных типов полупроводниковых приборов и компонент МСТ (микросистемной техники)	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.з1 знать принципы работы основных типов полупроводниковых приборов и компонент МСТ (микросистемной техники)	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.у1 Уметь пользоваться классической теорией полупроводниковых приборов	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.у1 Уметь пользоваться классической теорией полупроводниковых приборов	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.у1 Уметь пользоваться классической теорией полупроводниковых приборов	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.у1 Уметь пользоваться классической теорией полупроводниковых приборов	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.у1 Уметь пользоваться классической теорией полупроводниковых приборов	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.у1 Уметь пользоваться классической теорией полупроводниковых приборов	
ПК.1.В.у1 Уметь пользоваться классической теорией полупроводниковых приборов	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.у1 Уметь пользоваться классической теорией полупроводниковых приборов	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций
Семестр: 4				

Дидактическая единица: Общие свойства полупроводников.				
1. Общие свойства полупроводников. Природа химической связи. Структура кристаллов. Идеальные и реальные кристаллы. Дефекты в кристаллах. Свойства основных монокристаллических материалов микроэлектроники: Si, GaAs и др. Поликристаллические и аморф-ные полупроводники.	1	0	0	ПК.1.В.З-1.1
Дидактическая единица: Зонная теория твердого тела				
2. Зонная теория твердого тела. Энергетические спектры электронов в металлах, полупроводниках, диэлектриках. Зона проводимости и валентная зона. Электроны и дырки. Эффективная масса электрона. Экситоны. Собственные и примесные полупроводники. Донорные и акцепторные примеси.	2	0	0	ПК.1.В.З-1.1 ,ПК.1.В.У1
Дидактическая единица: Основы статистической физики.				
3. Основы статистической физики. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок в зонах и их температурные зависимости. Распределение Максвелла-Больцмана. Критерий вырождения электронного газа. Вырожденные и невырожденные полупроводники.	2	0	0	ПК.1.В.З-1.1
Дидактическая единица: Рекомбинация носителей заряда.				
4. Рекомбинация носителей заряда. Рекомбинация "зона-зона" и рекомбинация через примеси и дефекты. Теория рекомбинации Шокли-Рида. Диффузионная длина и время жизни носителей. Поверхностная рекомбинация.	1	0	0	ПК.1.В.З-1.1 ,ПК.1.В.У1
Дидактическая единица: Электропроводность полупроводников.				
5. Электропроводность полупроводников. Носители заряда в слабом электрическом поле. Взаимодействие с фононами, примесными атомами, дефектами. Подвижность электронов и дырок. Условие электронейтральности. Диффузия и дрейф носителей заряда. Соотно-шение Эйнштейна. Носители заряда в сильном электрическом поле. Горячие электроны. Лавинное умножение в полупроводниках. Электрические домены и токовые шнуры. Эффект Ганна. Уравнение для плотности электрического тока в полупроводниках. Уравнение непрерывности. Уравнение Пуассона	2	0	0	ПК.1.В.З-1.1
Дидактическая единица: Электронно-дырочный (p-n) переход.				
6. Электронно-дырочный (p-n) переход. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Вольт-амперная характеристика p-n перехода. Токи носителей заряда в p-n переходе, квазиуровни Ферми. Генерация и рекомбинация носителей в p-n переходе. Барьерная и диффузионная емкость. Частотные и импульсные свойства. Пробой p-n перехода: тепловой, лавинный, туннельный.	1	0	0	ПК.1.В.З-1.1
Дидактическая единица: Транзисторный эффект.				

7. Транзисторный эффект. Зонная диаграмма полупроводниковой структуры с двумя близко расположенны-ми p-n переходами. Коэффициент инжекции. Коэффициент переноса носителей через базу. Коэффициент усиления транзистора.	2	0	0	ПК.1.В.З-1.1
Дидактическая единица: Контакт металл-полупроводник.				
8. Контакт металл-полупроводник. Теория Шоттки. Вольт-амперная характеристика. Омический контакт. Сопоставление с p-n переходом. Структура металл-диэлектрик-полупроводник. Зонная диаграмма и ее из-менение при приложении напряжения. Роль поверхностных состояний, подвижных и неподвижных зарядов в диэлектрике.	1	0	0	ПК.1.В.З-1.1 ,ПК.1.В.У1
Дидактическая единица: Гетероструктуры.				
9. Гетероструктуры. Зонная диаграмма гетеро- p-n пе-рехода. Коэффициент инжекции. Суперинжекция. Одинарные и двойные гетероструктуры.	2	0	0	ПК.1.В.У1
Дидактическая единица: Фотоэлектрические явления в полупроводниках.				
10. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение излучения: собственное и примесное, экситонное и на свободных носителях. Закон Бугера. Красная граница поглощения. Фотопроводимость. Спектральная характеристика. Фотовольтаический эф-фект в p-n переходе.	1	0	0	ПК.1.В.У1
Дидактическая единица: Излучение полупроводников.				
11. Излучение полупроводников. Прямые и непрямые переходы носителей заряда. Виды люминесценции: инжекционная, катодо-, фотолюминесценция. Спектры излучения. Квантовый выход. Вывод излучения из полупроводников.	1	0	0	ПК.1.В.У1
Дидактическая единица: Лазерный эффект в полупроводниках.				
12. Лазерный эффект в полупроводниках. Оптический резонатор, усиление и генерация света. Пороговый ток	1	0	0	ПК.1.В.У1
Дидактическая единица: Термоэлектрические явления.				
13. Термоэлектрические явления. Термо- и гальвано-магнитные эффекты. Эффект Холла. Электро-, магнито-, акустооптические эффекты. Поверхностные акустические волны.	1	0	0	ПК.1.В.У1

Темы для самостоятельного изучения	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 4					
Дидактическая единица: Общие свойства полупроводников.					

1. Общие свойства полупроводников. Природа химиче-ской связи. Структура кристаллов. Идеальные и реаль-ные кристаллы. Дефекты в кристаллах. Свойства ос-новных монокристаллических материалов микроэлек-троники: Si, GaAs и др. Поликристаллические и аморф-ные полупроводники.	7	0	0	ПК.1.В.З-1.1	самостоятельное изучение
Дидактическая единица: Зонная теория твердого тела					
2. Зонная теория твердого тела. Энергетические спектры электронов в металлах, полупроводниках, диэлектриках. Зона проводимости и валентная зона. Электроны и дырки. Эффективная масса электрона. Экситоны. Собственные и примесные полупроводники. Донорные и акцепторные примеси.	7	0	0	ПК.1.В.З-1.1 ,ПК.1.В.У1	самостоятельное изучение
Дидактическая единица: Основы статистической физики.					
3. Основы статистической физики. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и ды-рок в зонах и их температурные зависимости. Распределение Максвелла-Больцмана. Критерий вырождения электронного газа. Вырожденные и невырожденные полупроводники.	7	0	0	ПК.1.В.З-1.1	самостоятельное изучение
Дидактическая единица: Рекомбинация носителей заряда.					
4. Рекомбинация носителей заряда. Рекомбинация "зона-зона" и рекомбинация через примеси и дефекты. Теория рекомбинации Шокли-Рида. Диффузионная длина и время жизни носителей. Поверхностная реком-бинация.	6	0	0	ПК.1.В.З-1.1 ,ПК.1.В.У1	самостоятельное изучение
Дидактическая единица: Электропроводность полупроводников.					

5. Электропроводность полупроводников. Носители заряда в слабом электрическом поле. Взаимодействие с фононами, примесными атомами, дефектами. Подвижность электронов и дырок. Условие электронейтральности. Диффузия и дрейф носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Носители заряда в сильном электрическом поле. Горячие электроны. Лавинное умножение в полупроводниках. Электрические домены и токовые шнуры. Эффект Ганна. Уравнение для плотности электрического тока в полупроводниках. Уравнение непрерывности. Уравнение Пуассона	7	0	0	ПК.1.В.3-1.1	самостоятельное изучение
Дидактическая единица: Электронно-дырочный (p-n) переход.					
6. Электронно-дырочный (p-n) переход. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Вольт-амперная характеристика p-n перехода. Токи носителей заряда в p-n переходе, квазиуровни Ферми. Генерация и рекомбинация носителей в p-n переходе. Барьерная и диффузионная емкость. Частотные и импульсные свой-ства. Пробой p-n перехода: тепловой, лавинный, туннельный.	5	0	0	ПК.1.В.3-1.1	самостоятельное изучение
Дидактическая единица: Транзисторный эффект.					
7. Транзисторный эффект. Зонная диаграмма полупроводниковой структуры с двумя близко расположенны-ми p-n переходами. Коэффициент инжекции. Коэффициент переноса носителей через базу. Коэффициент усиления транзистора.	5	0	0	ПК.1.В.3-1.1	самостоятельное изучение
Дидактическая единица: Контакт металл-полупроводник.					

8. Контакт металл-полупроводник. Теория Шоттки. Вольт-амперная характеристика. Омический контакт. Сопоставление с p-n переходом. Структура металл-диэлектрик-полупров одник. Зонная диаграмма и ее из-менение при приложении напряжения. Роль поверхностных состояний, подвижных и неподвижных зарядов в диэлектрике.	5	0	0	ПК.1.В.З-1.1 ,ПК.1.В.У1	самостоятельное изучение
Дидактическая единица: Гетероструктуры.					
9. Гетероструктуры. Зонная диаграмма гетеро- p-n пе-рехода. Коэффициент инжекции. Суперинжекция. Одинарные и двойные гетероструктуры.	7	0	0	ПК.1.В.У1	самостоятельное изучение
Дидактическая единица: Фотоэлектрические явления в полупроводниках.					
10. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение излучения: собственное и примесное, экситонное и на свободных носителях. Закон Бугера. Красная граница поглощения. Фотопроводимость. Спектральная характеристика. Фотовольтаический эф-фект в p-n переходе.	5	0	0	ПК.1.В.У1	самостоятельное изучение
Дидактическая единица: Излучение полупроводников.					
11. Излучение полупроводников. Прямые и непрямые переходы носителей заряда. Виды люминесценции: инжекционная, катодо-, фотолюминесценция. Спектры излучения. Квантовый выход. Вывод излучения из полупроводников.	5	0	0	ПК.1.В.У1	самостоятельная изучение
Дидактическая единица: Лазерный эффект в полупроводниках.					
12. Лазерный эффект в полупроводниках. Оптический резонатор, усиление и генерация света. Пороговый ток	5	0	0	ПК.1.В.У1	самостоятельное изучение
Дидактическая единица: Термоэлектрические явления.					

13. Термоэлектрические явления. Термо- и гальвано-магнитные эффекты. Эффект Холла. Электро-, магнито-, акустооптические эффекты. Поверхностные акустические волны.	7	0	0	ПК.1.В.У1	самостоятельное изучение

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 4				
1	Самостоятельное изучение теоретического материала	ПК.1.В.З-1.1,ПК.1.В.У1	78	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.2				

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля
ПК.1.В	ПК.1.В з1. знать принципы работы основных типов полупроводниковых приборов и компонент МСТ (микросистемной техники)	
	ПК.1.В у1. Уметь пользоваться классической теорией полупроводниковых приборов	

Оценочные средства по дисциплине "Специальные главы направления" входят в состав фонда оценочных средств по модулю (приложение № 1 к рабочей программе).

5. Литература

Основная литература

1. Епифанов Г. И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Епифанов. - СПб. [и др.], 2011. - 287, [1] с. : ил., табл.

2. Матухин В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - Санкт-Петербург [и др.], 2010. - 218 с. : ил.

3. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : 28 книг в PDF-формате.- Ижевск, 2005.- 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).- Загл. с контейнера на обл. содерж.: 26 книг.

4. Драгунов В. П. Основы наноэлектроники : учебное пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника", специальностям "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и "Микросистемная техника" / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - Москва, 2006. - 494 с. : ил.

5. Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 354, [1] с. : ил.

6. Краснопевцев Е. А. Квантовая механика в приложениях к физике твердого тела : [учебное пособие] / Е. А. Краснопевцев ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2010. - 354 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000143972

Дополнительная литература

1. Павлов П. В. Физика твердого тела : учебник для вузов / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - Нижний Новгород, 1993. - 491 с. : ил.

2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела : [учебник] / Ч. Киттель ; пер. с 4 амер. изд. А. А. Гусева и А. В. Пахнева ; под общ. ред. А. А. Гусева. - Москва, 1978. - 791 с. : ил.

3. Бонч-Бруевич В. Л. Физика полупроводников : учебное пособие для физических специальностей вузов / В. Л. Бонч-Бруевич, С. Г. Калашников. - Москва, 1990. - 685 с. : ил.

4. Шалимова К. В. Физика полупроводников : [учебник для вузов по специальности "Полупроводниковые и микроэлектронные приборы"] / К. В. Шалимова. - Москва, 1985. - 391 с. : ил.

5. Смит Р. А. Полупроводники : [учебное пособие] / Р. Смит ; пер. под ред. Н. А. Пенина. - М., 1982. - 558 с. : ил., схемы

6. Рывкин С. М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках : [монография] / С. М. Рывкин. – Москва : Физматгиз, 1963. – 494 с. – (Физика полупроводников и полупроводниковых приборов).

7. Ржанов А. В. Электронные процессы на поверхности полупроводников / А. В. Ржанов. - М., 1971. - 480 с.

8. Шокли В. Теория электронных полупроводников : приложения к теории транзисторов : пер. с англ. / В. Шокли ; под ред. В. П. Жузе. – Москва : Иностранная литература, 1953. – 715 с.

9. Киреев П. С. Физика полупроводников : учебное пособие для втузов / П. С. Киреев. - М., 1975. - 584 с. : ил.

10. Бьюб Р. Х. Фотопроводимость твердых тел / [Р. Бьюб ; пер. с англ. : Ф. Я. Надя, В. И. Сидорова ; под ред. Т. М. Лифшица. - Москва, 1962. - 558 с. : ил.

11. Кравченко А. Ф. Электронные процессы в твердотельных системах пониженной размерности / А. Ф. Кравченко, В. Н. Овсюк. - Новосибирск, 2000. - 447 с. : ил., схемы, табл.

12. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов. В 2 кн.. Кн. 2 : пер. с англ. / С. М. Зи ; под ред. Р. А. Суриса. - М., 1984. - 455 с. : ил.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1.

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Пакет офисных приложений Microsoft Office

2 Операционная система Microsoft Windows

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	