

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ФТД.02 Физика полупроводников и диэлектриков

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Направленность (профиль)

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения

очная

Год набора

2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

д.ф.-м.н., профессор, А.И.Панкрац

должность, инициалы, фамилия

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины - ознакомить студентов с основами физики полупроводников и диэлектриков.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачи изучения дисциплины:

- рассмотреть основные элементы зонной теории полупроводников: волновая функция электрона в периодическом поле, законы дисперсии, зоны Бриллюэна, эффективная масса электронов и дырок.

- детально проанализировать статистику электронов и дырок, механизмы проводимости собственных и примесных полупроводников, рассмотреть водородородобную модель проводников с простыми примесными центрами. - вычислить зависимости проводимости примесных полупроводников от температуры и степени легирования в широком температурном интервале.

- рассмотреть явления, возникающие при контакте металлов и полупроводников, полупроводников с различным типом проводимости. Получить вольтамперные характеристики р-п перехода. Изучить основные механизмы поглощения света в полупроводниках с прямыми и непрямыми электронными переходами.

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-3: Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства	
ПК-3.1: Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств	знать о природе проводимости твердых тел с различным строением и о свойствах собственных и легированных полупроводников
ПК-3.2: Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства	знать основные принципы применения полупроводниковых материалов в электронике уметь использовать полученные знания в области физики полупроводников и диэлектриков для анализа перспективных материалов владеть навыками постановки экспериментов по исследованию диэлектриков, выполнять анализ механизмов поляризации, присущих тому или иному диэлектрику

1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	е
		1
Контактная работа с преподавателем:	1 (36)	
занятия лекционного типа	1 (36)	
Самостоятельная работа обучающихся:	1 (36)	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
1. Корреляции типов химических связей в кристаллах с их диэлектрическими свойствами									
	1. Основные параметры диэлектрика - поляризация, электрическая индукция, поляризуемость, восприимчивость, диэлектрическая проницаемость.	2							
	2.							6	
2. Микроскопические механизмы поляризации									

1. Внутреннее поле в диэлектриках. Среднее макроскопическое поле и поле Лоренца. Уравнение Клаузиуса - Мосотти - Лоренца. Типы поляризации и классификация диэлектриков. Статическая электронная поляризуемость. Частотная зависимость электронной поляризуемости. Статическая ионная поляризуемость. Оптически активные фононы. Диэлектрическая функция ионных кристаллов и дисперсия электромагнитных волн инфракрасного диапазона. Соотношение Лиддейна-Сакса-Теллера. Статическая дипольная поляризуемость. Закон Кюри для температурной зависимости дипольной поляризации. Частотная зависимость дипольной тепловой поляризации.	6							
2.							5	
3. Упругий и релаксационный механизмы поляризации								
1. Уравнение Дебая. Диэлектрическая релаксация. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Тангенс диэлектрических потерь - для параллельной и последовательной схем замещения. Диэлектрические потери вследствие электропроводности. Диэлектрические потери при тепловой поляризации (температурно-частотные зависимости). Диэлектрические потери при упругой поляризации (частотные зависимости).	6							
2.							5	
4. Механизмы электропроводности диэлектриков								

1. Электронная, поляронная (прыжковая), ионная проводимость). Общие закономерности электрического старения и пробой диэлектриков. Электронный пробой кристаллов. Электрическое старение и электрохимический пробой твёрдых диэлектриков. Электротепловой пробой твёрдых диэлектриков.	4							
2.							5	
5. Анизотропия тензора эффективной массы.								
1. Закон динамики электронов в кристаллах. Изоэнергетические поверхности. Многодолинные полупроводники. Энергетический спектр носителей заряда в постоянном электрическом поле. Наклон энергетических зон сильным электрическим полем. Мелкие примесные уровни. Водородоподобная модель. Примесная зона.	6							
2.							5	
6. Принцип детального равновесия.								
1. Статистика Ферми-Дирака. Энергия Ферми. Плотность электронных состояний. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Концентрация электронов и дырок в зонах. Случай невырожденных полупроводников. Закон действующих масс и концентрация носителей в собственном полупроводнике. Определение положения уровня Ферми. Концентрация электронов и дырок на локальных уровнях. Полупроводник с примесью одного типа.	6							
2.							5	
7. Механизм электропроводности полупроводников.								

1. Природа электросопротивления. Дрейфовая скорость. Подвижность носителей заряда и ее температурная зависимость. Зависимость электропроводности полупроводников от температуры. Зависимость электропроводности полупроводников от примесей. Влияние сильного электрического поля на электропроводность полупроводников. Случай постоянной концентрации. Влияние сильного электрического поля на электропроводность полупроводников. Наклон энергетических зон. Ионизация и туннелирование.	6							
2.							5	
Всего	36						36	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Орешкин П. Т. Физика полупроводников и диэлектриков: учебное пособие для вузов по специальности "Полупроводники и диэлектрики"(Москва: Высшая школа).
2. Александров К. С., Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П., Сорокин П. Б., Бурков С. И., Глушков Д. А., Четвергов Н. А., Софронова С. Н., Токарев Н. А. Теоретическая физика твердого тела: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск: СФУ).
3. Лебедев А. И. Физика полупроводниковых приборов(Москва: Физматлит).
4. Шалимова К. В. Физика полупроводников: учебник(Санкт-Петербург: Лань).
5. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учебное пособие для студентов физических специальностей вузов(Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы [Физматлит]).
6. Тимохин В. М. Физика диэлектриков. Термоактивационная и диэлектрическая спектроскопия кристаллических материалов. Протонный транспорт(Москва: МИСИС).
7. Фейнман Р. Ф., Лейтон Р. Б., Сэндс М., Смородинский Я. А. Фейнмановские лекции по физике: Т. 5. Электричество и магнетизм: перевод с английского(Москва: Мир).
8. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
9. Петровский И. И. Электронная теория полупроводников (введение в теорию): учебное пособие для физических специальностей университетов допущено Министерством высшего и среднего специального образования БССР?(Минск: Белорусский университет [БГУ]).
10. Шнайдер Т., Зингер Дж. М., Абдулвагидов Ш. Б., Камиров И. К. Фазовые переходы и высокотемпературная сверхпроводимость: универсальные свойства купратных сверхпроводников(Махачкала: Изд-во Ин-та физики Дагест. науч. центра РАН).
11. Томилин В. И., Томилина Н. П., Бахтина В.А Физическое материаловедение: Ч. 1. Пассивные диэлектрики: учеб. пособие для студентов вузов спец. "Проектирование и технология радиоэлектронных средств"(Красноярск: СФУ).
12. Займан Д. М., Бонч-Бруевич В. Л. Принципы теории твердого тела: перевод с английского(Москва: Мир).
13. Чиганова Г. А. Введение в нанотехнологии: учебное пособие для студентов направления 222900.62 "Нанотехнологии и микросистемная техника"(Красноярск: СФУ).
14. Волков Н. В., Попков С. И. Обменное взаимодействие. Ферромагнетизм. Приближение молекулярного поля: учебно-методическое пособие [для студентов программ 011200.68.02 «Физика конденсированного

состояния вещества»; 011200.68.06 «Физика магнитных явлений»]
(Красноярск: СФУ).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Microsoft Office.
2. Adobe Reader.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Доступ к библиотечному фонду (в сети СФУ, раздел «Библиотека», <http://bik.sfu-kras.ru/>).

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

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

Лекционные занятия проводятся в учебных аудиториях лекционного типа.
Необходимое оборудование: учебная мебель, доска.