

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"



Рабочая учебная программа по дисциплине
Б1.В.ДВ.1 Физика полупроводников

Для направления:

03.06.01 Физика и астрономия

Профиль - 01.04.07 Физика конденсированного состояния

Форма обучения: очная, заочная

Краснодар 2016

Программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденными 30 июля 2014 г. № 867, зарегистрированный в Министерстве юстиции Российской Федерации 25.08.2014 г. № 33836

Автор(ы):



В.А. Исаев, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры физики и информационных систем физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ»

Рецензент(ы):



Тумаев Е.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики и компьютерных систем физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ»

Программа одобрена на заседании кафедры физики и информационных систем от «23» мая 2016 года, протокол № 17.

Одобрено на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета «23» мая 2016 г., протокол № 5.

Подписи:

Зав. кафедрой



Н.М. Богатов

Декан

физико-технического факультета



Н.А. Яковенко

Оглавление

1. Организационно-методический раздел

1.1 Цель дисциплины

1.2 Задачи дисциплины

1.3 Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

2.2 Структура дисциплины

2.3 Содержание разделов дисциплины

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

3. Образовательные технологии

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1 Основная литература

5.2 Дополнительная литература

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) Перечень необходимого программного обеспечения

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

10. График самостоятельной работы

Приложение 1. Аннотация учебной рабочей программы

Приложение 2. Фонд оценочных средств

1 Организационно-методический раздел

1.1 Цель дисциплины

Основной целью дисциплины «Физика полупроводников» является формирование компетенций, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской и педагогической деятельности, углубленное изучение теоретических и методологических основ физики полупроводников.

1.2 Задачи дисциплины

Основными задачами дисциплины являются:

- углубленно изучить физику полупроводников;
- научиться применять полученные знания, сформированные умения и навыки для решения научных и практических задач.

1.3 Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Физика полупроводников» относится к дисциплинам блока Б1 по выбору Федерального государственного образовательного стандарта. Освоение данной дисциплины готовит выпускников к научно-исследовательской и преподавательской деятельности.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

№ п.п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и	знать физические законы, определяющие свойства полупроводниковых материалов и структур	уметь измерять параметры, определяющие свойства полупроводниковых материалов и структур	владеть методами компьютерного моделирования процессов в полупроводниковых материалах и структурах

№ п.п	Индекс компет енции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		информационно-коммуникационных технологий			
2.	ПК-2	способность выбирать, осваивать и совершенствовать методы исследования полупроводников	знать терминологию и определения физических величин, характеризующих свойства полупроводниковых материалов и структур	уметь выбирать, осваивать и совершенствовать методы экспериментального и теоретического исследования полупроводниковых материалов и структур	владеть компьютерными методами расчета параметров, характеризующих свойства полупроводниковых материалов и структур
3	УК-5	способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Знать классификацию примесей в полупроводниках и связанную с ней терминологию.	Уметь выбирать, осваивать и совершенствовать методы экспериментального и теоретического исследования	Владеть методами компьютерного моделирования электрофизических свойств полупроводниковых структур

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		2	
Аудиторные занятия (всего)	20	44	
В том числе:			
Занятия лекционного типа	8	8	
Занятия семинарского типа	-	-	
лабораторные работы	12	12	
Самостоятельная работа (всего)	97	97	
Вид промежуточной аттестации экзамен	27	27	
Общая трудоемкость час зач. ед.	144	144	
	4	4	

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре - обобщённая

№ раз- дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1	Структура полупроводников.	6	2			4
2	Примеси в полупроводниках.	8	2		2	4
3	Кинетические свойства полупроводников.	6			2	4
4	Квантовая теория полупроводников.	6				6
5	Волновые функции электронных состояний.	6	2			4
6	Эффективная масса электронов, дырок.	6				6
7	Зонная структура полупроводников.	10	2			8
8	Квантовая теория примесных состояний.	10				10
9	Статистика электронов и дырок.	10				10
10	Рекомбинация носителей заряда.	8			2	6
11	Оптические переходы в полупроводниках.	20			2	18
12	Границы раздела в полупроводниках.	21			4	17
13	Подготовка к экзамену	27				27
	<i>Всего:</i>	144	8	-	12	97
	<i>Итого по дисциплине:</i>	144				

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Структура полупроводников.	Удельное сопротивление металлов, полупроводников и диэлектриков. Ковалентные связи в полупроводниках. Гетеровалентные связи в полупроводниках. Зона проводимости, зона запрещенных энергий, валентная зона. Электроны и дырки в полупроводниках.	Беседа Дискуссия Тестирование
2.	Примеси в	Донорные примеси в полупроводниках.	Беседа

	полупроводниках.	Акцепторные примеси в полупроводниках. Мелкие и глубокие примесные уровни.	Дискуссия Тестирование
3.	Кинетические свойства полупроводников.	Средняя длина и среднее время свободного пробега. Гидродинамическая модель транспорта носителей заряда. Подвижность электронов и дырок в полупроводниках. Уравнения переноса электронов и дырок в полупроводниках.	Беседа Дискуссия Тестирование
4.	Квантовая теория полупроводников.	Уравнение Шредингера для кристалла в общем виде. Уравнение Шредингера для кристалла в адиабатическом приближении. Уравнение Шредингера для кристалла в валентном приближении. Уравнение Шредингера для кристалла в одноэлектронном приближении. Периодичность потенциала самосогласованного поля в кристалле. Функция Блоха. Приближение слабо связанных электронов. Приближение сильно связанных электронов. Обменный интеграл и интеграл перекрытия. Образование энергетической зоны из энергетического уровня изолированного атома. Энергия электрона в поле простой кубической решетки в приближении сильно связанных электронов.	Беседа Дискуссия Тестирование
5.	Волновые функции электронных состояний.	Граничные условия Борна-Кармана. Значения компонент волнового вектора электрона в кристалле. Число различных энергетических состояний в разрешенной зоне кристалла. Связь между импульсом и длиной волны свободного электрона, волновое число. Квазиимпульс электрона в периодическом поле кристалла. Четность энергетического спектра электрона в кристалле. Обоснование существования зоны запрещенных энергий на основе приближения сильно связанных электронов.	Беседа Дискуссия Тестирование
6.	Эффективная масса электронов, дырок.	Эффективная масса электронов. Эффективная масса дырок. Циклотронный резонанс. Экспериментальное определение эффективной массы электрона (дырки) методом циклотронного резонанса.	Беседа Дискуссия Тестирование
7.	Зонная структура полупроводников.	Зонная структура кремния. Зонная структура германия. Зонная структура прямозонных полупроводников (GaAs).	Беседа Дискуссия Тестирование

8.	Квантовая теория примесных состояний.	Водородоподобная модель примесных состояний. Расчет энергии и радиуса орбиты электрона «мелкого» донорного уровня в германии. «Глубокие» электронные уровни примесей.	Беседа Дискуссия Тестирование
9.	Статистика электронов и дырок.	Плотность квантовых состояний при параболической зависимости энергии электронов. Плотность квантовых состояний в окрестности дна зоны проводимости кремния. Плотность квантовых состояний в окрестности дна зоны проводимости германия. Плотность квантовых состояний в окрестности вершины валентной зоны кремния. Плотность квантовых состояний в окрестности вершины валентной зоны германия. Концентрация электронов в окрестности дна зоны проводимости. Концентрация дырок в окрестности вершины валентной зоны.	Беседа Дискуссия Тестирование

2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Рекомбинация носителей заряда.	Излучательная рекомбинация неравновесных носителей заряда. Рекомбинация неравновесных носителей заряда через примесные центры. Оже рекомбинация неравновесных носителей заряда. Рекомбинация в случае низкой и высокой концентрации неравновесных носителей заряда.	Беседа Дискуссия Тестирование Контрольное задание
2.	Оптические переходы в полупроводниках.	Собственное поглощение в прямозонных полупроводниках (разрешенные оптические переходы). Собственное поглощение в прямозонных полупроводниках (запрещенные оптические переходы). Собственное поглощение в непрямозонных полупроводниках.	Беседа Дискуссия Тестирование Контрольное задание
3.	Границы раздела в полупроводниках.	N-P переходы в полупроводниках. Гетеропереходы в полупроводниках. Энергетическая диаграмма структуры с n-p переходом. Уравнения, описывающие транспорт носителей заряда в полупроводниковой структуре с n-p переходом в случае слабой инжекции. Эквивалентная схема полупроводниковой структуры с n-p переходом, 4-х параметрическая модель	Беседа Дискуссия Тестирование Контрольное задание

		ВАХ. Физические явления, влияющие на перенос носителей заряда в полупроводниковой структуре с n-p переходом, 5-ти параметрическая модель ВАХ. Механизмы пробоя n-p перехода. Вольтамперная характеристика освещенного n-p перехода. Размерные эффекты.	
--	--	--	--

2.3.3 Лабораторные занятия

№	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Содержание лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4	5
1.	2	Измерение электропроводности полупроводников.	Провести измерение ВАХ полупроводникового материала. Вычислить сопротивление и электропроводность полупроводникового материала при различном внешнем напряжении.	Защита лабораторной работы в интерактивной форме
2.	3	Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников.	Измерение ВАХ при различной температуре полупроводника. Определить энергии активации примесей по температурной зависимости сопротивления.	Защита лабораторной работы в интерактивной форме
3.	10	Исследование фотопроводимости полупроводников.	Измерение ВАХ при различном уровне освещенности. Изучение кинетики фотопроводимости. Определение времени жизни неравновесных носителей заряда. Определение темнового сопротивления и удельной чувствительности полупроводника.	Защита лабораторной работы в интерактивной форме
4.	11	Измерение спектров полупроводникового материала с различной концентрацией носителей заряда.	Изучение принципов работы спектрофотометра. Провести измерение спектров полупроводникового материала. Определить коэффициенты оптического поглощения полупроводников. Рассчитать ширину запрещенной зоны полупроводникового материала по экспериментальным данным.	Защита лабораторной работы в интерактивной форме
5.	12	Изучение работы полупроводникового диода (p-n перехода).	Изучить основные свойства, характеристики и параметры полупроводниковых диодов (p-n перехода). Экспериментально исследовать их ВАХ диода. Провести анализ экспериментальных кривых в области прямого и обратного	Защита лабораторной работы в интерактивной форме

			напряжения.	
6.	12	Исследование эффекта пробоя в р-п переходе.	Изучить эффекты пробоя в р-п переходе. Провести измерение ВАХ стабилитрона, провести сравнительный анализ экспериментальных данных с теорией лавинного пробоя.	Защита лабораторной работы в интерактивной форме
7.	12	Исследование работы биполярного транзистора.	Провести измерение семейства ВАХ биполярного транзистора при включении их в схему с общей базой и общим эмиттером. Рассчитать основные параметры транзисторов.	Защита лабораторной работы в интерактивной форме
8.	12	Изучение фотодиода.	Провести измерение ВАХ при различной освещенности. На основе экспериментальных ВАХ рассчитать параметры оптимального режима работы фотодиода.	Защита лабораторной работы в интерактивной форме
9.	12	Исследование работы солнечного элемента	Провести измерение темновых и световых ВАХ солнечного элемента. Рассчитать характеристики солнечного элемента по экспериментальным данным.	Защита лабораторной работы в интерактивной форме

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

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Структура полупроводников.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела / А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 Зуев Л.Б. Физические основы прочности материалов / Л.Б. Зуев, В.И. Данилов ; отв. ред. Б.Д. Аннин. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Журнал: Физика и техника полупроводников. Журнал: Физика твердого тела. Журнал: Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования
2.	Примеси в полупроводниках.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния /

		Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела / А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 Мерер Х. Диффузия в твердых телах / Х. Мерер. Долгопрудный: Интеллект, 2011 Журнал: Физика твердого тела. Журнал: Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования
3.	Кинетические свойства полупроводников.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела / А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Журнал: Физика и техника полупроводников. Журнал: Физика твердого тела. Журнал: Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования
4.	Квантовая теория полупроводников.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела / А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Журнал: Физика и техника полупроводников. Журнал: Физика твердого тела. Журнал: Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования
5.	Волновые функции электронных состояний.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела / А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Журнал: Физика и техника полупроводников. Журнал: Физика твердого тела. Журнал: Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования
6.	Эффективная масса электронов, дырок.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела / А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Журнал: Физика и техника полупроводников. Журнал: Физика твердого тела. Журнал: Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования
7.	Зонная структура полупроводников.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с.

		Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела / А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Журнал: Физика и техника полупроводников. Журнал: Физика твердого тела. Журнал: Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования
8.	Квантовая теория примесных состояний.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела / А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Рамбиди Н.Г. Структура и свойства наноразмерных образований: реалии сегодняшней нанотехнологии / Н.Г. Рамбиди. Долгопрудный: Интеллект, 2011 Журнал: Физика и техника полупроводников. Журнал: Физика твердого тела. Журнал: Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования
9.	Статистика электронов и дырок.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела / А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Журнал: Физика и техника полупроводников. Журнал: Физика твердого тела. Журнал: Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования
10.	Рекомбинация носителей заряда.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела / А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Журнал: Физика и техника полупроводников. Журнал: Физика твердого тела. Журнал: Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования
11.	Оптические переходы в полупроводниках.	Тумаев Е.Н. Процессы переноса энергии электронного возбуждения в конденсированных средах / Е.Н. Тумаев. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2013 Астапенко В.А. Электромагнитные процессы в среде, наноплазманика и метаматериалы / В.А. Астапенко. Долгопрудный: Интеллект, 2012 Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела

		/А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Журнал: Физика и техника полупроводников. Журнал: Физика твердого тела. Журнал: Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования
12.	Границы раздела в полупроводниках.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела /А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Старосельский, Виктор Игоревич Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное пособие для студентов вузов /В. И. Старосельский -Москва: Юрайт, 2011 Научные основы нанотехнологий и новые приборы: учебник-монография /под ред. Р. Келсалла, А. Хамли, М. Геогегана ; пер. с англ. А. Д. Калашникова -Долгопрудный: Интеллект, 2011 Журнал: Физика и техника полупроводников. Журнал: Физика твердого тела. Журнал: Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования
13.	Подготовка к экзамену	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела /А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015 Зуев Л.Б. Физические основы прочности материалов /Л.Б. Зуев, В.И. Данилов ; отв. ред. Б.Д. Аннин. Долгопрудный: Интеллект, 2013 Астапенко В.А. Электромагнитные процессы в среде, наноплазмоники и метаматериалы /В.А. Астапенко. Долгопрудный: Интеллект, 2012 Рамбиди Н.Г. Структура и свойства наноразмерных образований: реалии сегодняшней нанотехнологии / Н.Г. Рамбиди. Долгопрудный: Интеллект, 2011 Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 Мерер Х. Диффузия в твердых телах /Х. Мерер. Долгопрудный: Интеллект, 2011 Старосельский, Виктор Игоревич Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное пособие для студентов вузов /В. И. Старосельский -Москва: Юрайт, 2011 Научные основы нанотехнологий и новые приборы: учебник-монография /под ред. Р. Келсалла, А. Хамли, М. Геогегана ; пер. с англ. А. Д. Калашникова -Долгопрудный: Интеллект, 2011

3. Образовательные технологии

При реализации учебной работы по освоению курса «Физика полупроводников» используются современные образовательные технологии:

информационно-коммуникационные технологии;
проектные методы обучения;

исследовательские методы в обучении;
проблемное обучение.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу аспирантов и руководство этой работой со стороны преподавателей.

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий: метод проектов, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Для проведения лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемой профессии, зачастую играющие решающую роль в понимании и восприятии, а так же формировании профессиональных компетенций. Используются доска, справочные материалы, компьютерные технологии.

По изучаемой дисциплине аспирантам предоставляется возможность открыто пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) подготовленными ведущим данную дисциплину лектором материалами в виде электронного комплекса сопровождения, перечень контрольных вопросов, список рекомендуемой литературы.

Проведение занятий лабораторного практикума предусмотрено в специализированном учебном мультимедийном классе, в компьютерном классе, в исследовательских лабораториях.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Текущий контроль: разработка и защита проекта по темам лабораторных работ, защита идей аспирантов о разработке инновационных проектов в области физики полупроводников в процессе беседы и дискуссии, тестирование.

Промежуточный контроль: экзамен.

Фонд оценочных средств содержится в Приложении 2.

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

5.1 Основная литература:

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. СПб.: Лань, 2010. 400 с.
2. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. Долгопрудный: Интеллект, 2013
3. Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела / А.И. Морозов. Долгопрудный: Интеллект, 2015
4. Зуев Л.Б. Физические основы прочности материалов / Л.Б. Зуев, В.И. Данилов ; отв. ред. Б.Д. Аннин. Долгопрудный: Интеллект, 2013
5. Астапенко В.А. Электромагнитные процессы в среде, наноплазмоника и метаматериалы / В.А. Астапенко. Долгопрудный: Интеллект, 2012
6. Рамбиди Н.Г. Структура и свойства наноразмерных образований: реалии современной нанотехнологии / Н.Г. Рамбиди. Долгопрудный: Интеллект, 2011
7. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011
8. Мерер Х. Диффузия в твердых телах / Х. Мерер. Долгопрудный: Интеллект, 2011
9. Старосельский, Виктор Игоревич Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное пособие для студентов вузов / В. И. Старосельский - Москва: Юрайт, 2011

10. Научные основы нанотехнологий и новые приборы: учебник-монография /под ред. Р. Келсалла, А. Хамли, М. Геогегана ; пер. с англ. А. Д. Калашникова - Долгопрудный: Интеллект, 2011

5.2 Дополнительная литература:

1. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0 /С.Г. Герман-Галкин. СПб.:КОРОНА принт, 2007
2. Таиров Ю.М. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов / Ю.М. Таиров, В.Ф. Цветков. СПб.:Лань, 2002
3. Богатов Н.М. Взаимодействие структурных компонентов в полупроводниковых твердых растворах / Н.М. Богатов. Краснодар: КубГУ, 2001
4. Поклонский Н.А. Статистическая физика полупроводников / Н.А. Поклонский, С.А. Вырко, С.Л. Поденок. М.: КомКнига, 2005
5. Питер Ю. Основы физики полупроводников / Ю. Питер, М. Кардона. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002
6. Лебедев, Александр Иванович Физика полупроводниковых приборов: /А. И. Лебедев -М.: ФИЗМАТЛИТ , 2008
7. Пасынков, Владимир Васильевич, Чиркин, Л. К. Полупроводниковые приборы : учебное пособие для студентов вузов /В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. 8-е изд., испр. -СПб. [и др.]:Лань ,2006
8. Гаман, Василий Иванович Физика полупроводниковых приборов: Учеб.пособие для студентов вузов,обуч. по спец.: "Радиофизика и электроника", "Оптоэлектронные приборы и системы" /Федеральная целевая программа "Гос.поддержка интеграции высш.образования и фундамент науки на 1997-2000 годы". 2-е изд., доп. и перераб. -Томск:Изд-во НТЛ,2000
9. Поклонский, Николай Александрович, Вырко, С. А., Поденок, С. Л. Статистическая физика полупроводников: курс лекций /Н. А. Поклонский, С. А. Вырко, С. Л. Поденок ; под ред. Н. А. Поклонского -М.: [КомКнига], 2005
10. Драгунов, Валерий Павлович, Неизвестный, И. Г., Гридчин, В. А. Основы нанoeлектроники: учебное пособие для студентов вузов /В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин -М.: Логос, 2006
11. Астапенко, Валерий Александрович Взаимодействие излучения с атомами и наночастицами: [учебное пособие] /В. А. Астапенко -Долгопрудный: Интеллект, 2010
12. Бурбаева, Нина Владимировна, Днепровская, Т. С. Сборник задач по полупроводниковой электронике : учебное пособие для студентов вузов /Н. В. Бурбаева, Т. С. Днепровская -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004

5.3. Периодические издания:

Физика и техника полупроводников.

Физика твердого тела.

Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования

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

Сайт ИФП СО РАН <http://www.isp.nsc.ru/>

Сайт Физико-технического института имени А.Ф.Иоффе <http://www.ioffe.ru/>

Сайт журнала Физика и техника полупроводников <http://journals.ioffe.ru/ftp/>

Сайт журнала Физика твердого тела <http://journals.ioffe.ru/ftt/>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам и доступом к сети Интернет.

На самостоятельную работу аспирантов отводится 67% времени от общей трудоемкости дисциплины. Сопровождение самостоятельной работы аспирантов организовано в следующих формах:

Разработка и подготовка к защите проекта по современным проблемам, связанным с созданием полупроводниковых материалов и структур с заданными свойствами.

По итогам выполнения этой работы аспирант составляет отчет, в котором обосновывает достижение компетенций. Защита проекта происходит на лабораторных занятиях.

Выполнение контрольных заданий.

Подготовка к тестированию.

Консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении разделов дисциплины.

График самостоятельной работы аспиранта приведен в разделе 10

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) Перечень необходимого программного обеспечения

1. Операционная система MS Windows или Linux.
2. Программная среда Mathcad.
3. Программная среда Matlab.
3. Интегрированное офисное приложение.
4. ПО для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.

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

Для проведения занятий по дисциплине «Физика полупроводников», предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

Лаборатория структурного анализа – ауд. 123С.

Лаборатория технологий полупроводниковых материалов – ауд. 125С.

Лаборатория информационных систем в технике и технологиях – ауд. 132С.

Спецпрактикум по электрофизическим измерениям – ауд. 240С.

Лекционные аудитории (оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций).

Литература в библиотеке университета.

10. График самостоятельной работы

аспирантов по дисциплине «Физика полупроводников»

№ п/п	Раздел, тема	Содержание самостоятельной работы	Примерный бюджет времени на выполнение задания, час.	Сроки выполнения задания (неделя)	Форма отчетности по заданию	Форма контрол я	Сроки контроля (неделя)	Учебно- методическое обеспечение СРС
1	Структура полупроводник ов.	Подготовка к тестированию	2	1		Тест	1	Рекомендованная литература
2	Примеси в полупроводник ах.	Подготовка к тестированию Подготовка к защите лабораторной работы	2	1	Отчет по лаб. работе	Тест Защита лаборат орной работы	2	Рекомендованная литература
3	Кинетические свойства полупроводник ов.	Подготовка к тестированию Подготовка к защите лабораторной работы	2	1	Отчет по лаб. работе	Тест Защита лаборат орной работы	3	Рекомендованная литература
4	Квантовая теория полупроводник ов.	Подготовка к тестированию	4	1		Тест	4	Рекомендованная литература

5	Волновые функции электронных состояний.	Подготовка к тестированию	4	1		Тест	5	Рекомендованная литература
6	Эффективная масса электронов, дырок.	Подготовка к тестированию	2	1		Тест	6	Рекомендованная литература
7	Зонная структура полупроводников.	Подготовка к тестированию	2	2		Тест	7	Рекомендованная литература
8	Квантовая теория примесных состояний.	Подготовка к тестированию	2	2		Тест	8	Рекомендованная литература
9	Статистика электронов и дырок.	Подготовка к тестированию	2	2		Тест	9	Рекомендованная литература
10	Рекомбинация носителей заряда.	Подготовка к тестированию Подготовка к защите лабораторной работы	4	2	Отчет по лаб. Работе Контрольное задание	Тест Защита лабораторной работы	10	Рекомендованная литература

11	Оптические переходы в полупроводниках.	Подготовка к тестированию Подготовка к защите лабораторной работы	4	2	Отчет по лаб. Работе Контрольное задание	Тест Защита лабораторной работы	11	Рекомендованная литература
12	Границы раздела в полупроводниках.	Подготовка к тестированию Подготовка к защите лабораторных работ	4	2	Отчет по лаб. Работе Контрольное задание	Тест Защита лабораторной работы	12-18	Рекомендованная литература
13	Подготовка к экзамену	Подготовка к экзамену	36	2	экзамен	экзамен	18	Рекомендованная литература
		Итого:	64	18				