



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Кафедра физической электроники

Образовательная программа
03.03.02- Физика

Профиль подготовки:
Фундаментальная физика

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Вариативная (по выбору)

Махачкала 2020 год

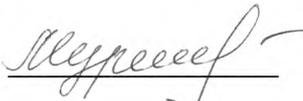
Рабочая программа дисциплины «Полупроводниковые материалы» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02– Физика (уровень: бакалавриата), утвержденным приказом Минобрнауки от «7» августа 2014г. №937.

Разработчик: кафедра физической электроники, Исмаилов А.М., к.ф.-м.н., доцент 

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физической электроники от « 21 » 02 2020 г., протокол № 6.

Зав каф кафедрой  Омаров О.А

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 28 » 02 2020 г., протокол № 6.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 16 » 03 2020 г.

/ Начальник УМУ  Гасангаджиева А. Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Полупроводниковые материалы» входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02- Физика, профилю подготовки «Фундаментальная физика». Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой *физической электроники*.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных со строением и свойствами твердых тел (кристаллических и аморфных) и происходящих в них физических явлениях.

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций выпускника: способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7); способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности (ОПК-8); способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин (ПК-4);

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа*.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости: *контрольные работы, устный опрос, защита рефератов, итоговый контроль в форме зачета*,

Объем дисциплины - 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
		всего	из них						
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
7	72	52	18	-	34	-	-	20	зачет

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Полупроводниковые материалы» является:

- ознакомление студентов с классификацией полупроводниковых материалов и их основными электрофизическими свойствами;
- освоение студентами того факта, что целенаправленным изменением дефектной структуры полупроводников можно управлять их электрофизическими свойствами с целью получения материалов с необходимыми свойствами.

- ознакомление студентов с основными технологическими методами получения объемных кристаллов, тонких пленок, наноструктур полупроводниковых материалов.

Основными задачами дисциплины являются:

- формирование у студентов необходимых знаний основных законов, определяющих электрофизические свойства полупроводникового материала с различным структурным совершенством (кристалл, поликристалл, текстура, аморфное состояние);
- ознакомление студентов с основными подходами в области технологии изготовления полупроводниковых материалов в виде монокристаллов, тонких пленок и наноструктур;
- обобщение знаний студентов для целенаправленного их использования при создании элементов, приборов и устройств на базе полупроводниковых материалов;
- формирование знаний студентов в области современных тенденций развития полупроводникового материаловедения.

Прогресс различных областей электроники и электротехники неразрывно связан с прогрессом в получении различных новых материалов, в том числе полупроводниковых материалов и структур и в изготовлении на их основе новых полупроводниковых приборов и интегральных схем.

В данном спецкурсе «Полупроводниковые материалы» рассмотрены основные технологические процессы изготовления полупроводниковых материалов и структур, такие как выращивание и очистка полупроводников, легирование, получение полупроводниковых монокристаллов, тонких пленок и наноструктур.

Получение студентами знания и умения при изучении данного курса необходимы при выполнении курсовых и квалификационных работ.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата.

Дисциплина «Полупроводниковые материалы» входит в вариативную по выбору часть образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02.– Физика.

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные навыки, связанные со способностью использовать теоретические знания в области полупроводниковой техники и технологии, материаловедения, квантовой электроники, микроэлектроники. Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь базовые знания по: курсу общей физики, спецкурсам «Физика полупроводников», «Физика твердого тела», «Основы кристаллографии».

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: «Физика полупроводников», «Физика кристаллизации», «Физические основы микроэлектроники», «Контактные явления», «Наноэлектроника», «Методы исследования параметров полупроводников».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понятия «самостоятельная работа студентов», «самоорганизация», «самоконтроль», «самообразование»; • формы, технологии организации самостоятельной работы; • пути достижения образовательных результатов и способы оценки результатов обучения. • виды, формы контроля успеваемости в вузе <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • системно анализировать, обобщать информацию, формулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения; • использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы; • объективно оценивать знания обучающихся на основе тестирования. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • культурой мышления, способностью к анализу, обобщению информации, постановке целей и выбору путей их достижения; • навыками составления ориентированных на результат планов-графиков выполнения различных видов учебной, научно-исследовательской и внеучебной работы; способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать стремление к самосовершенствованию, познавательную активность.
ОПК-8	способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; • состояние и перспективы научно-технической проблемы разработки технологических процессов производства материалов и изделий электронной и микросистемной техники. • понимание современных тенденций развития материаловедения, электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий. • методы вычислительной физики и математического моделирования структур, приборов или технологических процессов микро- и наноэлектроники. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области совре-

		<p>менного материаловедения</p> <ul style="list-style-type: none"> • создавать и анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели явлений природы, получить навыки использования в практике важнейших физических измерительных приборов и приемов • самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики твердого тела. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности.
ПК-4	<p>способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные закономерности формирования конденсированы сред, основные методы изучения кристаллических структур; методы теоретических подходов в описании и изучении явлений в физике твердого тела. • классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории; • основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел; механизмы протекания тока; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • описывать и качественно объяснять основные состояния в твердом теле • применять методы описание кристаллических структур, моделировать физические процессы. • использовать специализированные знания в области физики конденсированного состояния вещества для обеспечения технологической реализации материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и нанoeлектроники. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами количественного формулирования и решения задач в области физики конденсированного состояния вещества; • методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физики твердого тела; • методами экспериментальных исследований свойств твердых тел на современном инновационном оборудовании.

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1.									
1	Введение, предмет и задачи курса. Наука о материалах, полупроводниковое материаловедение. Классификация полупроводниковых материалов.	7		2	6			4	Устный опрос
2	Структурное совершенство вещества (монокристалл, поликристалл, текстура, аморфное состояние). Основные электрофизические свойства полупроводников.	7		3	4			2	Устный опрос
3	Основы кристаллохимии полупроводников. Управление дефектами в кристаллах.	7		3	2			2	Устный опрос
4	Элементарные полупроводники (структура, свойства, применение).	7		2	4			2	Устный опрос
	<i>Итого по модулю 1:</i>			10	16			10	Контрольная работа, коллоквиум.
Модуль 2.									
1	Широкозонные полупроводники.	7		2	4			2	Устный опрос
2	Технология объемных полупроводниковых материалов.	7		2	4			2	Устный опрос
3	Полупроводниковые пленки, наноструктуры.	7		2	6			2	Устный опрос
4	Перспективные полупроводниковые материалы.	7		2	4			2	Устный опрос

	<i>Итого по модулю 2:</i>			8	18			10	Контрольная работа, коллоквиум.
	Всего за семестр 72 часа			18	34			20	Зачет

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1.

Тема 1. Предмет и задачи курса. Наука о материалах, полупроводниковое материаловедение. Классификация полупроводниковых материалов (элементарные, оксидные, широкозонные, двойные полупроводниковые вещества, тройные полупроводниковые соединения, четверные полупроводниковые фазы, некристаллические полупроводники). Чистота полупроводниковых материалов и их маркировка. Роль полупроводниковых материалов в развитии элементной базы электроники.

Тема 2. Понятие о кристалле (кристаллическая решетка, кристаллическая структура, базис, элементарная ячейка). Поликристалл, кристаллит, межкристаллитные границы и их влияние на свойства материала. Преимущественная ориентация кристаллитов, текстура. Аморфное состояние вещества (аморфный кремний, металлические стекла). Качественная оценка структурного совершенства вещества по данным электронной и рентгеновской дифракции.

Тема 3. Основные понятия кристаллохимии (атомные и ионные радиусы, координационное число, плотнейшие упаковки частиц в структурах, основные типы кристаллических структур). Классификация дефектов. Линейные и винтовые дислокации, границы зерен. Управление дефектами в кристаллах, зависимость физических свойств от дефектности кристалла (структурно-чувствительные свойства). Квазихимический метод описания дефектов, закон действующих масс. Равновесная концентрация точечных дефектов (термодинамический расчет дефектов по Френкелю и Шоттки).

Тема 4. Элементарные полупроводники (структура, свойства, применение). Получение и основные свойства германия, кремния, арсенида галлия. Теллур (тонкие пленки, наноструктуры) – перспективный материал для газовых сенсоров.

Модуль 2.

Тема 1. Широкозонные полупроводники. Нитриды галлия, алюминия, индия. Технологические аспекты, проблемы выращивания объемных кристаллов). Гетероэпитаксия и подложки (МЛЭ, химическое осаждение из паровой фазы с использованием металлоорганических соединений). Приборы на основе III-нитридов, светодиодное освещение. Карбид кремния, мощные светодиоды. Оксид цинка, проблемы технологии, наноструктуры, применения, перспективы. Перспективные области применения широкозонных материалов и приборов, экстремальная электроника.

Тема 2. Выращивание монокристаллов полупроводников методом Чохральского. Влияние условий выращивания на размеры и качество монокристаллов. Очистка полупроводниковых материалов методом зонной плавки. Легирование полупроводников. Получение объемных кристаллов полупроводников из газовой фазы. Метод химических транспортных реакций.

Тема 3. Полупроводниковые тонкие пленки, определения. Основы теории зародышеобразования. Термодинамические условия гетерогенного зародышеобразования. Основные механизмы роста пленок на подложках (зародышевый механизм роста *Фольмера-Фебера*; послойный механизм роста *Франка-Ван-дер-Мерве*; смешанный механизм роста *Странского-Крастанова*). Методы очистки подложек различной природы от органической и неорганической грязи и контроля их степени чистоты. Адгезия пленки к подложке. Метод определения адгезии путем воздействия ультразвуковых колебаний. Зависимость проводимости тонкой пленки от толщины. Система кремний на изоляторе (КНИ), кремний на сапфире (КНС), технология, свойства, преимущества. Основные методы получения тонких пленок.

Полупроводниковые наноструктуры (квантовая яма, квантовая нить, квантовая точка). Технология получения полупроводниковых наноструктур, свойства, применения.

Тема 4. Перспективные полупроводниковые материалы в различных областях электроники (микроэлектроника, солнечная энергетика, фотоэлектроника, функциональная электроника, экстремальная электроника, светодиодная техника).

Содержание лекционных занятий

Модуль 1.	
Тема 1	<u>Лекция 1.</u> Предмет и задачи курса. Наука о материалах, полупроводниковое материаловедение. Классификация полупроводниковых материалов (элементарные, оксидные, широкозонные, двойные полупроводниковые вещества, тройные полупроводниковые соединения, четверные полупроводниковые фазы, некристаллические полупроводники).
Тема 2	<u>Лекция 2.</u> Понятие о кристалле (кристаллическая решетка, кристаллическая структура, базис, элементарная ячейка). Поликристалл, кристаллит, межкристаллитные границы и их влияние на свойства материала. Преимущественная ориентация кристаллитов, текстура. Аморфное состояние вещества (аморфный кремний, металлические стекла).
Тема 3	<u>Лекция 3.</u> Основные понятия кристаллохимии (атомные и ионные радиусы, координационное число, плотнейшие упаковки частиц в структурах, основные типы кристаллических структур). Классификация дефектов. Линейные и винтовые дислокации, границы зерен. Управление дефектами в кристаллах, зависимость физических свойств от дефектности кристалла (структурно-

	чувствительные свойства).
Тема 4	<u>Лекция 4.</u> Элементарные полупроводники (структура, свойства, применение).
Модуль 2.	
Тема 1.	<u>Лекция 5.</u> Широкозонные полупроводники. Нитриды галлия, алюминия, индия. Технологические аспекты, проблемы выращивания объемных кристаллов). Гетероэпитаксия и подложки (МЛЭ, химическое осаждение из паровой фазы с использованием металлорганических соединений).
Тема 2.	<u>Лекция 6.</u> Выращивание монокристаллов полупроводников методом Чохральского. Влияние условий выращивания на размеры и качество монокристаллов. Очистка полупроводниковых материалов методом зонной плавки.
Тема 3.	<u>Лекция 7.</u> Полупроводниковые тонкие пленки, определения. Основы теории зародышеобразования. Термодинамические условия гетерогенного зародышеобразования. Основные механизмы роста пленок на подложках (зародышевый механизм роста <i>Фольмера-Фебера</i> ; послойный механизм роста <i>Франка-ван-дер-Мерве</i> ; смешанный механизм роста <i>Странского-Кростанова</i>). Методы очистки подложек различной природы от органической и неорганической грязи и контроля их степени чистоты. Адгезия пленки к подложке. Метод определения адгезии путем воздействия ультразвуковых колебаний. Зависимость проводимости тонкой пленки от толщины. Система кремний на изоляторе (КНИ), кремний на сапфире (КНС), технология, свойства, преимущества. Основные методы получения тонких пленок.
Тема 3.	<u>Лекция 8.</u> Перспективные полупроводниковые материалы в различных областях электроники (микроэлектроника, солнечная энергетика, фотоэлектроника, функциональная электроника, экстремальная электроника, светодиодная техника).

Темы практических занятий

Темы практических (семинарских) занятий	
Модуль 1.	
Тема 1	1. Чистота полупроводниковых материалов и их маркировка. 2. Роль полупроводниковых материалов в развитии элементной базы электроники.
Тема 2.	1. Качественная оценка структурного совершенства вещества по данным электронной и рентгеновской дифракции. 2. Экспериментальные дифракционные методы. Посещение лаборатории рентгеноструктурного анализа.

Тема 3.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Квазихимический метод описания дефектов, закон действующих масс. 2. Равновесная концентрация точечных дефектов (термодинамический расчет дефектов по Френкелю и Шоттки).
Тема 4.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Получение и основные свойства германия, кремния, арсенида галлия. 2. Теллур (тонкие пленки, наноструктуры) – перспективный материал для газовых сенсоров.
Модуль 2.	
Тема 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приборы на основе III-нитридов, светодиодное освещение. Карбид кремния, мощные светодиоды. 2. Оксид цинка, проблемы технологии, наноструктуры, применения, перспективы. 3. Перспективные области применения широкозонных материалов и приборов, экстремальная электроника.
Тема 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Легирование полупроводников. Получение объемных кристаллов полупроводников из газовой фазы. 2. Метод химических транспортных реакций.
Тема 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Полупроводниковые наноструктуры (квантовая яма, квантовая нить, квантовая точка). 2. Технология получения полупроводниковых наноструктур, свойства, применения.
Тема 4	<p>Обсуждение докладов студентов.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Перспективные полупроводниковые материалы в микроэлектронике. 2. Перспективные полупроводниковые материалы солнечной энергетики. 3. Перспективные полупроводниковые материалы функциональная электроника. 4. Перспективные полупроводниковые материалы фотоэлектроники. 5. Перспективные полупроводниковые материалы экстремальная электроника. 6. Перспективные полупроводниковые материалы для светодиодной технологии.

5. Образовательные технологии

1. Формы проведения занятий: лекции, практические (семинарские) занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачет.

2. Предусмотрено проведение проблемной лекции с приглашением специалистов из Дагестанского научного центра РАН, занимающихся исследо-

ваниями в области физики полупроводников.

3. Лекционные демонстрации:

- коллекция природных и искусственных кристаллов (кварц, оксид цинка (гидротермальный метод), монокристаллические пластинки кремния, германия, арсенида галлия, антимонида индия (метод Чохральского), галлий-гадолиниевого граната и др.).

4. Посещение лабораторий физического факультета (в конце семинарских занятий, продолжительность 15-30 минут):

- Научно-исследовательская лаборатория физики тонких пленок (электронограф ЭГ-75 – демонстрация дифракции быстрых электронов на отражение; технологические установки для синтеза кристаллов, слоев и тонких пленок различных веществ (метод термовакuumного напыления, метод магнетронного распыления, метод химических транспортных реакций).

- Лаборатория рентгеновской дифракции (порошковый дифрактометр Empyrean Series 2 (PANalytical, Нидерланды) – демонстрация метода порошка).

- Лаборатория зондовой микроскопии (комплекс Ntegra_Spectra HT-МДТ, Россия – общие принципы работы атомно-силового микроскопа (АСМ) и сканирующего туннельного микроскопа (СТМ)).

- Лаборатория растровой электронной микроскопии (общее ознакомление с принципом работы растрового электронного микроскопа)

5. Тематические коллекции видеороликов из сети Интернет.

6. По лекционному материалу подготовлено учебное пособие, конспекты лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе PowerPoint. Не всегда удается изложить весь материал на лекциях, поэтому вывод формул, более детальное рассмотрение некоторых вопросов выносятся студентам на самостоятельное изучение. Трудно проводить четкую грань между лекционными и практическими занятиями. Поэтому допускается комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистров.

На самостоятельную работу выносятся часть лекционного материала для более полного освоения. Например, вывод формул целесообразно перенести на самостоятельную работу, сэкономив время лекции для охвата вопросов общего характера. Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более

эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается.

Самостоятельная работа студента:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций, учебной литературе);
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- написание рефератов;
- изучение теоретического материала при подготовке к практическим занятиям;
- итоговое повторение теоретического материала при подготовке к зачету.

Для самостоятельного изучения дисциплины выносятся часть материала по всем темам дисциплины с самоконтролем по контрольным вопросам. Кроме того, для контроля самостоятельной работы на лекционных занятиях предусматриваются экспресс-опросы.

Темы для рефератов.

1. Элементарные полупроводники Si, Ge, структура и физические свойства.
2. Управление дефектами в полупроводниках.
3. Электронная, рентгеновская, нейтронная, ионная дифракция в кристаллах.
4. Использование синхротронного излучения в дифракции кристаллов.
5. Полупроводники со смешанным (ковалентно-ионным) типом химической связи.
6. Кристаллическая структура типа вюрцита.
7. Кристаллохимическая особенность структуры оксида цинка.
8. Широкозонные полупроводники: алмаз, структура, свойства, полупроводники.
9. Перспективные полупроводниковые материалы в микроэлектронике.
10. Перспективные полупроводниковые материалы солнечной энергетики.
11. Перспективные полупроводниковые материалы функциональная электроника.
12. Перспективные полупроводниковые материалы фотоэлектроники.
13. Перспективные полупроводниковые материалы экстремальная электроника.
14. Перспективные полупроводниковые материалы для светодиодной технологии.

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы (в конце модуля).

Итоговый контроль.

Зачет в конце семестра по результатам баллов двух модулей, итоговой тестовой контрольной, защищенного реферата на заданную тему.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки "хорошо" заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понятия «самостоятельная работа студентов», «самоорганизация», «самоконтроль», «самообразование»; • формы, технологии организации самостоятельной работы; • пути достижения образовательных результатов и способы оценки результатов обучения; • виды, формы контроля успеваемости в вузе <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • системно анализировать, обобщать информацию, формулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения; • использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы; • объективно оценивать знания обучающихся на основе тестирования <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • культурой мышления, способностью к анализу, обобщению информации, постановке целей и выбору путей их достижения; <p>навыками составления ориентированных на результат планов-графиков выполнения различных видов учебной, научно-исследовательской и внеучебной работы; способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать стремление к самосовершенствованию, познавательную активность.</p>	Устный опрос, письменный опрос.
ОПК-8	способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; • состояние и перспективы научно-технической проблемы разработки технологических процессов производства материалов и изделий электронной и микросистемной техники. 	Устный опрос, письменный опрос.

		<ul style="list-style-type: none"> • понимание современных тенденций развития материаловедения, электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий. • методы вычислительной физики и математического моделирования структур, приборов или технологических процессов микро- и нанoeлектроники. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения • создавать и анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели явлений природы, получить навыки использования в практике важнейших физических измерительных приборов и приемов • самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики твердого тела. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности. 	
ПК-4	<p>способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные закономерности формирования конденсированы сред, основные методы изучения кристаллических структур; методы теоретических подходов в описании и изучении явлений в физике твердого тела. • классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории; • основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел; механизмы протекания тока; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • описывать и качественно объяснять основные состояния в твердом теле; применять методы описание кристаллических структур, моделировать физические процессы • использовать специализированные знания в области физики конденсированного состояния вещества для обеспечения технологической реализации материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и нано- 	<p>Устный опрос, письменный опрос.</p>

		<p>электроники</p> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами количественного формулирования и решения задач в области физики конденсированного состояния вещества; • методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физики твердого тела; • методами экспериментальных исследований свойств твердых тел на современном инновационном оборудовании. 	
--	--	--	--

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий – 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 15 баллов,
- выполнение лабораторных заданий - 15 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

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

а) основная литература:

1. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов: Учебник для вузов. 3-ое изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2002, -424 с.
2. Гуртов, В. А. Твердотельная электроника: Учеб. пособие/ В. А. Гуртов. – Москва, 2005. – 492 с.
3. Шретер Ю.Г., Ребане Ю.Т., Зыков В.А., Сидоров В.Г. Широкозонные полупроводники. – СПб.: Наука, 2001. -125 с.
4. Барыбин А.А., Сидоров В.Г. Физико-технологические основы электроники. – СПб.: Издательство «Лань», 2001. -272 с.
5. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий. Физико-химические основы технологии микроэлектроники: учебное пособие для вузов / Ю.Д. Чистяков, Ю.П. Райнова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, Т.1. – 2010. – 392 с.

б) дополнительная литература:

1. Филачев А.М., Таубкин И.И., Тришенков М.А. Современное состояние и магистральные направления развития современной фотоэлектроники. – М.: Физматкнига, 2010. -128 с.
2. Медведев С.А. Введение в технологию полупроводниковых материалов. – М.: «Высшая школа», 1970. -504 с.
3. Журнал «В мире науки», №12, 1986 г. (Тема номера: новые материалы).
4. Актуальные проблемы материаловедения. Пер. с англ. под ред. д-ра физ.-мат. наук Гиваргизова Е.И. -М.: «Мир», Вып 1, 1982. – 271 с.
5. Физико-химические свойства полупроводниковых веществ. Справочник. Коллектив авторов. – М.: «Наука», 1978. – 339 с.

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

1. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредитгента (www.fero.ru).
2. www.iqlib.ru - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
3. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
4. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru.
5. Российские журналы по физике твердого тела: «Физика твердого тела», «Физика полупроводников», «Кристаллография», «Физика поверхности», «Журнал технической физики», «Успехи физики» и др.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необ-

ходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

1. Компьютерные и мультимедийное оборудование в ходе изложения лекционного материала (лекции в виде презентаций).
2. Конспекты лекций, справочная литература.

3. Тематические видеоролики из Интернета по технологии полупроводниковых материалов.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

1. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием.
2. «Научно-исследовательская лаборатория физики тонких пленок». Возможность ознакомления магистров с ростовыми установками по получению тонких пленок, слоев и кристаллов (метод термовакuumного напыления, метод магнетронного распыления, метод химических транспортных реакций).
3. Электронограф ЭГ-75. Демонстрация дифракции электронов. Оценка (качественная) структурного совершенства тонких пленок в виде аморфного состояния вещества, поликристалла, монокристалла, текстуры.

Составитель:

кандидат физ.-мат. наук,
доцент кафедры
физической электроники ДГУ

Исмаилов А.М.