



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

«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Специальный физический практикум

Кафедра физической электроники

Образовательная программа
03.04.02 - Физика

Профиль подготовки:
Физика плазмы

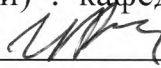

Уровень высшего образования:
Магистратура

Форма обучения: **Очная**

Статус дисциплины: **Базовая**

Махачкала, 2020 год


Рабочая программа дисциплины «Специальный физический практикум» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02– Физика (уровень: магистратуры), утвержденным приказом Минобрнауки от «28» августа 2015г. №913.

Разработчик(и) : кафедра физической электроники, Исмаилов А.М., к.ф.-м.н., доцент 
Омарова П.Х., к.ф.-м.н., ст. преподаватель 

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 « 06 » 03 2020 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А. Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Специальный физический практикум входит в базовую часть образовательной программы магистратуры, по направлению подготовки 03.04.02-Физика. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физической электроники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с технологией, которая лежит в основе элементной базы современных твердотельных электронных приборов (диодных и МДП-структур, тиристоров, биполярных и полевых транзисторов) и с современными методами измерения параметров полупроводниковых приборных структур. Данный физпрактикум охватывает наиболее распространенные методы получения веществ в виде пленок, слоев и структур на различных подложках. Рассматриваются наиболее распространенные методы исследования и измерения основных характеристик полупроводниковых материалов. Большое внимание уделяется теории метода, общим принципам построения экспериментальных установок, освоению методов обработки экспериментальных данных. Анализируются области применения рассмотренных методов, их предельные возможности и перспективы.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-6, профессиональных - ПК-3, ПК-7.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лабораторные занятия, самостоятельная работа

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: защита лабораторных работ и промежуточный контроль в форме зачета

Объем дисциплины 4 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	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР			консультации
9,10	14 4	64	-	62	-	-	-	82	зачет

1. Цели и задачи дисциплины.

Целью дисциплины является научить студентов базовым экспериментальным методам получения пленок, слоев различных веществ (металлы, диэлектрики, полупроводники) и измерения параметров полупроводников, которые составляют основу современной элементной базы микроэлектроники.

Задачами дисциплины являются:

- научить магистров методам получения тонких пленок, слоев и структур различных веществ.

- ознакомить магистров с методами измерения основных параметров полупроводниковых материалов и структур.

- научить магистров использовать знания и умения, полученные при изучении дисциплины, в процессе производственной деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина Специальный физический практикум входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02.- Физика.

Дисциплина Специальный физический практикум относится к профессиональному циклу по магистерской программе «Физика плазмы» и направлена на изучение физических основ производства полупроводниковых структур и измерения их основных параметров, которые являются основой современной микроэлектроники, с целью выработки умений и навыков их использования в профессиональной деятельности.

Дисциплина Специальный физический практикум логически и содержательно взаимосвязана с такими дисциплинами как «Контактные явления», «Методы физических измерений», «Техника физического эксперимента».

Для усвоения данного курса необходимы знания разделов электричества, оптики, физики полупроводников, физики твердого тела, физики полупроводниковых приборов; необходимо владение методами решения дифференциальных уравнений. К «входным» знаниям можно отнести также вопросы геометрии кристаллической решетки, зонной теории твердого тела, статистики невырожденного и вырожденного электронного газа, явлений переноса, оптических свойств полупроводников и др.

Знания, умения и навыки, полученные в результате освоения дисциплины, необходимы и используются при проведении экспериментальных исследований, в том числе при выполнении курсовых и диссертационных работ магистрами 1 и 2 года обучения.

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
ОПК-6	Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	<p>Знать: основные современные проблемы и новейшие достижения физики.</p> <p>Уметь: применять полученные знания для решения поставленных актуальных задач в своей научно-исследовательской работе.</p> <p>Владеть: навыками работы с прикладными аспектами экспериментальной и теоретической физики.</p>
ПК-3	Способность принимать участие в разработке новых методов и методических под-	<p>Знать: - виды и свойства материалов и технологий электронной техники.</p>

	ходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности.	<p>Уметь: - рассчитывать и определять основные параметры и характеристики полупроводниковых структур.</p> <p>Владеть: - методиками исследования структурных, электрических и оптических свойств материалов.</p>
ПК-7	Способность руководить научно-исследовательской деятельностью в области физики обучающихся по программам бакалавриата.	<p>Знать: научную и методическую литературу, современную экспериментальную аппаратуру и методы теоретических исследований по направлению научно-исследовательской деятельности обучающихся по программам бакалавриата в области физики.</p> <p>Уметь: ставить научные задачи для обучающихся по программам бакалавриата в области физики, планировать и организовать их научную деятельность.</p> <p>Владеть: навыками руководства научными исследованиями обучающихся по программам бакалавриата в области физики, организации теоретических и экспериментальных исследований</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часа.

4.2.1. Структура дисциплины. Технология получения полупроводниковых материалов и структур

(9 семестр, 1 и 2 модули)

№ лаб. работы	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	Термовакuumный метод получения тонких пленок (физ. основы метода, основы вакуумной	9				4		5	Устный опрос, тесты по теме.

	техники, техника получения и измерения вакуума, вакуумные системы установок).								
2	Получение тонких пленок алюминия на подложке из стекла методом термовакuumного напыления.					4		5	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме; отчет по работе и её защита
3	Получение тонких пленок Те на монокристаллических подложках методом термовакuumного напыления.	10				4		5	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме; отчет по работе и её защита
4	Получение тонких пленок и слоев оксида цинка методом химических транспортных реакций.	10				4		5	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме; отчет по работе и её защита
Итого по модулю 1						16		20	Зачет по 1 модулю
Модуль 2									
5	Получение тонких пленок (металлы, диэлектрики, полупроводники) на различных подложках методом магнетронного распыления.	10				5		7	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме; отчет по работе и её защита
6	Получение тонких пленок диэлектриков и полупроводников на различных подложках методом высокочастотного магнетронного распыления.					5		7	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме; отчет по работе и её защита
7	Получение нитевидных кристаллов теллура методом термохимической активации.	10				6		6	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме; отчет по работе и её защита
Итого по модулю 2						16		20	Зачет по 1 модулю
Всего за 9 семестр 72 часа						32		40	

4.2.2. Структура дисциплины.

Методы измерения параметров полупроводников
(10 семестр, 3 и 4 модули)

№ лаб. работы	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 3									
1	Определение энергии активации примеси и ширины запрещенной зоны полупроводника по температурной зависимости электропроводности.	10				4		5	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме.
2	Зондовые методы измерения удельного сопротивления полупроводников.					4		5	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме; отчет по работе и её защита
3	Определение концентрации носителей заряда, холловской подвижности, типа носителей заряда методом Холла.	10				4		5	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме; отчет по работе и её защита
4	Изучение туннельного эффекта в полупроводниках.	10				3		6	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме; отчет по работе и её защита
Итого по модулю 3						15		21	Зачет по 3 модулю
Модуль 4									
5	Определение времени жизни неосновных носителей заряда по кинетике релаксации фотопроводимости.	10				5		7	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме; отчет по работе и её защита

6	Измерение параметров неравновесных носителей заряда (дрейфовой подвижности, коэффициента диффузии, диффузионной длины).				5		7	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме; отчет по работе и её защита
7	Определение ширины запрещенной зоны полупроводников оптическим методом.	10			5		7	Допуск к лабораторной работе в виде устного опроса или ответов на тесты по теме; отчет по работе и её защита
Итого по модулю 4					15		21	Зачет по 4 модулю
Всего за 10 семестр 72 часа					30		42	Зачет

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

Модуль 1.

Лабораторная работа №1. Температурная зависимость упругости паров различных веществ. Критическая плотность атомного пучка, критическая температура. Типы испарителей. Преимущества и недостатки термовакuumного метода (молекулярно-лучевой метод). Понятие о вакууме, основное уравнение вакуумной техники. Средства получения и измерения вакуума. Вакуумные системы технологических установок.

Практическая часть: получение и измерение вакуума на различных ростовых установках.

Лабораторная работа №2. Основы теории зародышеобразования. Термодинамические условия гетерогенного зародышеобразования. Основные механизмы роста пленок на подложках. 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.

Практическая часть: получение тонкой пленки алюминия на подложке из стекла методом термовакuumного напыления. Измерение ее толщины на микроинтерферометре МИИ-4М. Оценка скорости роста. Определение критической температуры роста пленок для фиксированной температуры тигля.

Лабораторная работа №3. Монокристаллические подложки, эпитаксиальный рост, правило Руайе, псевдоморфный слой. Кристаллическая структура, физико-химические свойства теллура. Температурная зависимость упругости паров и парциальный состав паровой фазы теллура.

Практическая часть: Получение тонких пленок Те на монокристаллических подложках (слюда, сапфир) методом термовакuumного напыления. Определение температуры эпитаксии. Снятие рентгенограммы и оценка структурного совершенства полученных пленок.

Лабораторная работа №4. Основы химической термодинамики. Основные термодинамические функции и соотношения между ними. Условия фазового и химического равнове-

сия, правило фаз Гиббса. Тепловой эффект химической реакции, закон Гесса. Закон действующих масс и константа химического равновесия. Направление протекания химической реакции. Зависимость константы равновесия от температуры и давления. Примеры газотранспортных химических реакций (из технологии полупроводниковых материалов). Понятие о стандартном состоянии вещества.

Практическая часть: Получение тонких пленок и слоев оксида цинка методом химических транспортных реакций.

Модуль 2.

Лабораторная работа №5. Физические основы ионного распыления. Коэффициент распыления и его зависимость от условий распыления. Распределение распыленных частиц по массам, углам, энергиям, зарядовому состоянию. Диодное, триодное, магнетронное распыление. Физика тлеющего разряда, вольт-амперная характеристика, аномальный режим тлеющего разряда. Движение заряженных частиц в магнетронном разряде. Реактивное магнетронное распыление. Преимущества и недостатки магнетронного распыления, современное состояние, перспективы.

Практическая часть: Получение тонких пленок (металлы, диэлектрики, полупроводники) на различных подложках методом магнетронного распыления.

Лабораторная работа №6. Движение электрона в переменном ВЧ поле. Постоянный потенциал ВЧ плазмы. Магнитное поле в устройствах ВЧ распыления. Согласование и стабилизация ВЧ мощности. Преимущества и недостатки ВЧ магнетронного распыления по сравнению с магнетронной распылительной системой на постоянном токе и ВЧ-распылением без магнитного поля.

Практическая часть: Получение тонких пленок диэлектриков и полупроводников на различных подложках методом высокочастотного магнетронного распыления.

Лабораторная работа №7. Определение одномерных структур (нитевидные структуры, вискры, ленты и др.). Особенности структуры и свойств одномерных структур с объемными образцами. Суть метода термохимической активации, роль водорода.

Практическая часть: Получение нитевидных кристаллов теллура методом термохимической активации.

Модуль 3.

Лабораторная работа №1. Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников, определение энергии активации примеси и ширины запрещенной зоны. Понятие о зонной структуре твердых тел. Статистика электронов и дырок в полупроводниках, собственные и примесные полупроводники.

Практическая часть: Определение энергии активации примеси и ширины запрещенной зоны полупроводника по температурной зависимости электропроводности.

Лабораторная работа №2. Особенности зондовых методов измерения электрических параметров полупроводников. Теория четырехзондового метода. Измерение удельного сопротивления объемных кристаллов, тонких пластин, диффузионных слоев. Влияние границ на поправочные функции.

Практическая часть: Измерение удельного сопротивления полупроводниковых слитков и полупроводниковых пленок четырехзондовым методом и методом Ван-дер-Пау.

Лабораторная работа №3. Гальваномагнитные явления, теория эффекта Холла. Определение параметров полупроводников с помощью эффекта Холла. Источники систематических погрешностей в холловских измерениях. Влияние геометрии холловских контактов на измерение ЭДС.

Практическая часть: Определение концентрации носителей заряда, холловской подвижности, типа носителей заряда методом Холла.

Лабораторная работа №4. Прохождение микрочастицы сквозь одномерный прямоугольный потенциальный барьер, туннельный эффект. Энергетическая диаграмма p-n-перехода на базе вырожденных полупроводников. ВАХ туннельного диода и его анализ.

Практическая часть: Снятие и изучение ВАХ туннельного диода.

Модуль 4.

Лабораторная работа №5. Явление фотопроводимости полупроводников, неравновесные носители заряда, красная граница фотопроводимости. Кинетика релаксации фотопроводимости, время жизни неосновных носителей заряда

Практическая часть: Определение среднего времени жизни неосновных носителей заряда в полупроводнике по кинетике релаксации фотопроводимости.

Лабораторная работа №6. Неравновесные носители заряда в полупроводниках. Диффузия, дрейф и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Измерение дрейфовой подвижности. Определение диффузионной длины, коэффициента диффузии.

Практическая часть: Измерение параметров неравновесных носителей заряда в полупроводниках.

Лабораторная работа №7. Виды оптических переходов и оптического поглощения фотонов в полупроводниках. Коэффициенты пропускания и отражения света и зависимость их от длины световой волны и температуры. Определение параметров полупроводниковых материалов методом оптического поглощения.

Практическая часть: Определение ширины запрещенной зоны полупроводников оптическим методом.

5. Образовательные технологии

По каждой лабораторной работе магистрам дается задание по поиску научных статей (не менее трех) отечественных и зарубежных авторов последних 5-10 лет, в которых дается описание метода получения образцов (тонких пленок) и измерения их физических параметров. Такая информация обычно содержится в разделах статьи: «Методика эксперимента», «Эксперимент», «Техника эксперимента». Преподаватель дает ориентир (указывает перечень журналов) для поиска таких статей. Магистр должен сравнивать (сопоставить) свой эксперимент по лабораторной работе с экспериментальной методикой, описываемой автором в статье. Такая работа приучает магистра к поиску и чтению научных статей, и в дальнейшем облегчит его работу над магистерской диссертацией. В рамках данного спецпрактикума также предусмотрено общение магистров с сотрудниками Дагестанского научного центра РАН, занимающимися технологией полупроводниковых материалов и исследованием их электрофизических свойств.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистров.

Самостоятельная работа магистров включает:

- Проработка материала по учебной и научной литературе (теоретическая часть по лабораторной работе);
- Составление отчета по лабораторной работе.

Вопросы для самостоятельного изучения.

Модуль 1.

Лабораторная работа № 1.

1. Понятие о паре и газе.
2. Температурная зависимость упругости паров различных веществ.
3. Температура испарения вещества как критерий ее пригодности для получения тонких пленок термовакuumным методом.
4. Критическая плотность атомного пучка, критическая температура.
5. Типы испарителей. Преимущества и недостатки термовакuumного метода (молекулярно-лучевой метод).
6. Понятие о вакууме, степени вакуума (критерии Кнудсена).
7. Основное уравнение вакуумной техники.
8. Получения вакуума. Типы вакуумных насосов (форвакуумные: масляные, сухие; высоковакуумные: диффузионные, криогенные).
9. Измерения вакуума, вакуумметры и датчики (механические, тепловые, ионизационные).
10. Начертить схемы вакуумных систем технологических установок (с использованием принятого стандарта обозначений элементов вакуумных систем).

Лабораторная работа № 2.

1. Стадии формирования тонких пленок на поверхности подложек.
2. Основы теории зародышеобразования. Термодинамические условия гетерогенного зародышеобразования.
3. Основные механизмы роста пленок на подложках (зародышевый механизм роста *Фольмера-Фебера*; послойный механизм роста *Франка-ван-дер-Мерве*; смешанный механизм роста *Странского-Крастанова*).
4. Методы очистки подложек различной природы от органической и неорганической грязи и контроля их степени чистоты.
5. Адгезия пленки к подложке. Метод определения адгезии путем воздействия ультразвуковых колебаний.
6. Зависимость проводимости тонкой пленки от толщины.

Лабораторная работа №3.

1. Монокристаллические подложки Si, Al₂O₃, GaAs, слюда (структура, свойства, применение).
2. Эпитаксиальный рост, правило Руайе, псевдоморфный слой.
3. Кристаллическая структура, физико-химические свойства теллура.
4. Температурная зависимость упругости паров.
5. Парциальный молекулярный состав паровой фазы теллура.

Лабораторная работа №4.

1. Основы химической термодинамики. Основные термодинамические функции и соотношения между ними.

2. Условия фазового и химического равновесия, правило фаз Гиббса.
3. Тепловой эффект химической реакции, закон Гесса.
4. Закон действующих масс и константа химического равновесия.
5. Направление протекания химической реакции.
6. Зависимость константы равновесия от температуры и давления.
7. Примеры газотранспортных химических реакций (из технологии полупроводниковых материалов). Понятие о стандартном состоянии вещества.

Модуль 2.

Лабораторная работа №5.

1. Характеристика процесса ионного распыления.
2. Коэффициент распыления и его зависимость от условий распыления.
3. Распределение распыленных частиц по массам, углам, энергиям, зарядовому состоянию. Диодное, триодное, магнетронное распыление.
4. Физика тлеющего разряда, вольт-амперная характеристика, аномальный режим тлеющего разряда.
5. Движение заряженных частиц в магнетронном разряде.
6. Реактивное магнетронное распыление. Преимущества и недостатки магнетронного распыления, современное состояние, перспективы.

Лабораторная работа №6.

1. Принцип действия ВЧ магнетронного распыления. Движение электрона в переменном ВЧ поле.
2. Рассчитать амплитуду движения иона в переменном ВЧ поле.
3. Постоянный потенциал ВЧ плазмы. Магнитное поле в устройствах ВЧ распыления.
4. Согласование и стабилизация ВЧ мощности в распылительных устройствах.
5. Преимущества и недостатки ВЧ магнетронного распыления по сравнению с магнетронной распылительной системой на постоянном токе и ВЧ-распылением без магнитного поля.

Лабораторная работа №7.

1. Определение одномерных структур (нитевидные структуры, вис커сы, ленты и др.). Аспектное отношение.
2. Отличия структуры и свойств одномерных структур от объемных образцов.
3. Суть метода термохимической активации, роль водорода (изучить статью Исмаилов А.М., Шапиев И.М., Рабаданов М.Х., Алиев И.Ш. Синтез эпитаксиальных пленок теллура методом термохимической активации // Письма в ЖТФ, 2015, том 41, вып. 2, с. 64-69).

Модуль 3.

Лабораторная работа №1.

1. Зонная теория твердого тела. Особенности зонной структуры полупроводников.
2. Ширина запрещенной зоны. Собственные и примесных полупроводники, энергия активации примеси.
3. Механизмы электропроводности собственных и примесных полупроводников.
4. Температурная зависимость электропроводности полупроводников.

5. Методика определения ширины запрещенной зоны и энергия активации примеси по температурной зависимости удельной электропроводности.

Лабораторная работа №2.

1. Четырехзондовый метод измерения электросопротивления полупроводников, область применения, его преимущества и недостатки.
2. Задача о распределении потенциала электрического поля вблизи зонда. Вывод расчетных формул.
3. Схема и принцип работы экспериментальной установки.
4. Методика определения удельного электросопротивления объемного образца и тонкой пленки.
5. Особенности измерения удельного сопротивления полупроводников методом Ван-дер-Пау.

Лабораторная работа №3.

1. Гальваномагнитные явления, эффект Холла.
2. Вывод выражения для поперечной э.д.с, параметры, определяющие величину э.д.с. Холла.
3. Зависимость эффекта Холла от температуры.
4. Физическая информация, получаемая при исследовании эффекта Холла.
5. Схема измерительной установки.
6. Источники систематических погрешностей в холловских измерениях и влияние геометрии контактов на результаты измерений.

Лабораторная работа № 4.

1. Прохождение микрочастицы сквозь одномерный прямоугольный потенциальный барьер, туннельный эффект и квантово-механическое его толкование.
2. Выражения для коэффициентов прозрачности потенциальных барьеров разной формы.
3. Энергетическая диаграмма р-п- перехода на базе вырожденных полупроводников.
4. ВАХ туннельного диода и его анализ.
5. Примеры явлений, в основе которых лежит явление туннелирования микрочастиц.

Модуль 3.

Лабораторная работа № 5.

1. Явление фотопроводимости полупроводников, генерация и рекомбинация электронов и дырок в полупроводниках.
2. Красная граница фотопроводимости собственного и примесного полупроводника.
3. Кинетика релаксации фотопроводимости и вывод выражения, описывающего её.
4. Методика определения времени жизни неосновных носителей заряда по наблюдению процесса релаксации фотопроводимости при освещении полупроводника прямоугольными импульсами света.

Лабораторная работа № 6.

1. Уравнения непрерывности в полупроводниках.
2. Неравновесные процессы и законы их протекания во времени (кинетика), неравновесные носители заряда.
3. Диффузия, дрейф и рекомбинация неравновесных носителей заряда.
4. Измерение дрейфовой подвижности.

5. Определение диффузионной длины, коэффициента диффузии.

Лабораторная работа № 7.

1. Виды оптических переходов и оптического поглощения фотонов в полупроводниках.
2. Коэффициенты пропускания и отражения света и зависимость их от длины световой волны и температуры.
3. Определение параметров полупроводниковых материалов методом оптического поглощения.

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

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.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-6	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные современные проблемы и новейшие достижения физики. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять полученные знания для решения поставленных актуальных задач в своей научно-исследовательской работе. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с прикладными аспектами экспериментальной и теоретической физики. 	Устный и письменный опрос
ПК-3	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - виды и свойства материалов и технологий электронной техники. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать и определять основные параметры и характеристики полупроводниковых структур. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методиками исследования структурных, электрических и оптических свойств материалов 	Устный и письменный опрос
ПК-7	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - научную и методическую литературу, современную экспериментальную аппара- 	Устный и письменный опрос

	<p>туру и методы теоретических исследований по направлению научно-исследовательской деятельности обучающихся по программам бакалавриата в области физики.</p> <p>Уметь:</p> <p>- ставить научные задачи для обучающихся по программам бакалавриата в области физики, планировать и организовать их научную деятельность.</p> <p>Владеть:</p> <p>- навыками руководства научными исследованиями обучающихся по программам бакалавриата в области физики, организации теоретических и экспериментальных исследований</p>	
--	--	--

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

Критерии оценок знаний на экзаменах

ОПК-6

Схема оценки уровня формирования компетенции «общепрофессионального» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общепрофессиональный уровень	Имеет представления о путях совершенствования и развития своего интеллектуального и общепрофессионального уровня	Демонстрирует знания о путях совершенствования и развития своего интеллектуального и общепрофессионального уровня	Демонстрирует навыки успешного владения путями совершенствования и развития своего интеллектуального и общепрофессионального уровня

ПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «общепрофессионального» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Способностью по-	Ознакомлен и	Демон-	Имеет чет-

	нимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	имеет представления об основных проблемах, существующих в данной предметной области и о методах и средствах их решения	демонстрирует понимание основных проблем в своей предметной области и методов и средств их решения	имеет представления об основных проблемах, существующих в данной предметной области и предлагает некоторые варианты их решения
--	--	--	--	--

ПК-7

Схема оценки уровня формирования компетенции «общефессионального» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Готовностью оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы	Имеет представления о правилах оформления, представления и составлении доклада о результатах выполненной научно-исследовательской работы	Демонстрирует знание основных правил оформления, представления и составлении доклада о результатах выполненной научно-исследовательской работы	Показывает навыки успешного использования знания основных правил оформления, представления и составлении доклада о результатах выполненной научно-исследовательской работы

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценка по дисциплине быть не может.

7.3. 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 - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- получение допусков к лабораторным работам – 20 баллов
- выполнение лабораторных заданий – 20 баллов,

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- ведение лабораторного журнала – 10 баллов,
- составление отчетов по выполненным работам – 20 баллов,
- защита лабораторных работ - 20 баллов.

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

а) основная литература:

1. Кузьмичёв А.И. Магнетронные распылительные системы. Кн.1. Введение в физику и технику магнетронного распыления. -К.: Аверс, 2008. -244 с.
2. Броудай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии. -М.: Мир, 1985. - 496 с.
3. Холлэнд Л. Нанесение тонких пленок в вакууме. -М.: Госэнергоиздат, 1963.
4. Карапетьянц М.Х. Химическая термодинамика. -М.:Химия, 1975.-584 с.
5. Батавин В.В., Концевой Ю.А., Федорович Ю.В. Измерение параметров полупроводниковых материалов и структур. – М.: Радио и связь, 1985. 264 с.
6. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов: Учеб. Для вузов по спец. "Полупроводниковые и микроэлектронные приборы". – М.: ВШ, 1987. – 239 с.
7. Лысов В.Ф. Практикум по физике полупроводников. Учебное пособие. М., «Просв», 1976, 207 с.
8. Специальный физический практикум, ч.2, под редакцией А.А. Харламова, издание 3. Из-во Моск. ун-та, 1977 г.

б) дополнительная литература:

1. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. -М.: Техносфера, 2010. -528 с.
2. Технология тонких пленок (справочник). Т.1 / Под ред. Л. Майселла, Р. Глэнга. -М.: Сов. Радио, 1977.
3. Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок. -М.: Энергоатомиздат, 1989.
4. Лабунов В.А., Данилович Н.И., Уксусов А.С., Минайчев В.Е. Современные магнетронные распылительные устройства//Зарубежная электронная техника. 1982. Вып. 10(256). С.3 - 62.
5. Шелинский Г.И. Основы теории химических процессов: Пособие для учителя.- М.: Просвещение, 1989. -192 с.
6. Шефер Г. Химические транспортные реакции. М.: Мир, 1964. -189 с.
7. Ормонт Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников. – М.: ВШ, – 1982
8. Киреев П.С. Физика полупроводников. Учебное пособие для вузов. М.: ВШ, 1975.
9. В.В.Епифанов, Ю.А.Мома Физические основы конструирования и технологии РЭА и ЭВА. – М.: Сов. Радио, 1979. – 352 с.
10. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. Учеб. Для студ. Вузов. – М.: Высш. Шк., 1986. – 367 с.
11. Твердотельная электроника и контактные явления: учебно-методическое пособие. Лабораторный практикум (часть1) / сост. Алиев И.Ш., Исмаилов А.М., Гасанова Р.Н. – Махачкала: Изд-во ДГУ, 2015. –77с.

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

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства (www.fepo.ru).

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Лабораторные работы по «Технологии получения полупроводниковых материалов и структур» (1 и 2 модули) выполняются одновременно всей группой. Это связано с тем, что для выполнения этих работ требуется значительное время (5-6 часов). Лабораторные работы по «Методам измерения параметров полупроводников» (3 и 4 модули) выполняются индивидуально подгруппами в составе не более двух магистров.

На первом, вводном занятии до студентов доводится содержание и календарный план проведения практикума, Указывается число баллов, которое может набрать студент при выполнении лабораторного практикума в соответствии с действующей в вузе рейтинговой системой со 100-балльной шкалой оценок. Проводится инструктаж по технике безопасности при выполнении работ с оформлением в соответствующем журнале. На этом же занятии преподаватель выдает задания по лабораторным работам.

Перед каждой лабораторной работой магистр сдаёт краткий коллоквиум, отражающий уровень предварительной подготовки к выполнению работы. Коллоквиум проводится в виде устного собеседования с преподавателем.

Все данные, полученные в ходе работы, записываются в отдельной тетради, которая является рабочим журналом по лабораторному практикуму.

По каждой лабораторной работе в журнал заносятся:

- название работы;
- задание на выполнение работы;
- план работы (упражнения);
- схема установки;
- первичные экспериментальные данные в виде таблиц без каких-либо пересчетов или преобразований;
- результаты предварительной обработки данных в объеме, необходимом для определения их полноты и надежности.

По окончании работы лабораторный журнал подписывается преподавателем.

По итогам каждой лабораторной работы оформляется отчет, который сдается преподавателю на следующем после выполнения данной работы занятии.

Отчет должен включать:

- краткое теоретическое введение, отражающее устройство, принцип действия и назначение исследуемого прибора;
- задание на выполнение работы;
- план проведения эксперимента (упражнений);
- схему установки и ее краткое описание;
- результаты и их обсуждение, в том числе анализ погрешности эксперимента, методику обработки результатов,
- теоретические расчеты, анализ полученных данных и сравнение их с литературными;
- выводы;
- список использованной литературы.

По итогам каждой лабораторной работы преподаватель выставляет оценку, учитывающую предварительную подготовку, объём и качество экспериментальной части работы, глубину обсуждения результатов и качество отчета.

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

1. Пособия по лабораторным работам, литература.
2. Построение графиков, вычисления и обработка данных по лабораторным работам проводится с использованием компьютерной техники.

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

Лабораторные работы по «Технологии получения полупроводниковых материалов и структур» выполняются в «Научно-исследовательской лаборатории физики тонких пленок» кафедры физической электроники. Лаборатория оснащена современным технологическим оборудованием на базе сухих спиральных (безмаслянных) форвакуумных и высоковакуумных криогенных насосов.

Лабораторные работы по «Методам измерения параметров полупроводников» проводятся в «Лаборатории физики полупроводников» и «Лаборатория радиофизики и электротехники» кафедры «Физической электроники». Лабораторные работы, обеспечены необходимым оборудованием, приборами и специализированными стендами.

Составители:

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

Исмаилов А.М.

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

Алиев И.Ш.