

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Х.М. БЕРБЕКОВА

ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И РОБОТОТЕХНИКИ

Кафедра физических основ микро- и нанoeлектроники

СОГЛАСОВАНО

Руководитель программы

_____ А.А. Шебзухов

«_____» _____ 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИИЭиР

_____ Н.В. Черкесова

«_____» _____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.03.ДВ.01.02 «ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК В ЭЛЕКТРОНИКЕ И
НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ»

Направление подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (программа)

Современные информационные технологии в электронной технике

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Нальчик 2020

Рабочая программа дисциплины **«Физика и технология тонких пленок в электронике и нанoeлектронике»** /сост. ст.преп. Р.М. Калмыков – Нальчик: ФГБОУ ВО КБГУ, 2019. 19 с.

Рабочая программа дисциплины предназначена для преподавания вариативной части обязательных дисциплин профессионального цикла студентам очной формы обучения по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, профиль: Современные информационные технологии в электронной технике, обучающимся в 7 семестре 4-го курса.

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерство образования и науки РФ «12» марта 2015 г. №218 и Профессионального стандарта 40.058 инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники.

Содержание

1	Цели и задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2	Место дисциплины в структуре ООП ВО.....	4
3	Требования к результатам освоения содержания дисциплины (модуля).....	4
4	Содержание и структура дисциплины (модуля).....	5
5	Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	9
5.1	Оценочные материалы для текущего контроля.....	9
6	Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности.....	13
7	Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	14
8	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).....	17
8.1	Требования к материально-техническому обеспечению.....	17
8.2	Особенности реализации дисциплины (модуля) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья	17

1 Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цели освоения дисциплины (модуля) «Физика и технология тонких пленок в электронике и нанoeлектронике»:

- изучение физических явлений, происходящих на различных этапах процесса напыления и роста пленок;
- рассмотрение существующих теорий роста тонких пленок, современных методов роста и контроля качества пленок, их возможностях и ограничениях;
- изучение взаимосвязи физических свойств тонких пленок со структурой и дефектами.

Задачи:

- изучить фундаментальные физические и химические закономерности современных технологических процессов нанесения тонкопленочных покрытий, а также выработать у студентов навыки практического применения полученных знаний;
- ознакомить с физическими основами и практическими навыками измерения электрофизических параметров различных тонких пленок; с основами наиболее перспективных и эффективных спектрофотометрических методов контроля параметров пленочных покрытий, а также с вакуумно-плазменными технологическими процессами.

Изучение дисциплины направлено на подготовку специалистов, способных решать задачи, возникающие при производстве и эксплуатации изделий электроники и нанoeлектроники с учетом области, типов и задач профессиональной деятельности в соответствии с профессиональными стандартами:

- 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», который утвержден приказом Минтруда России от 03.07.2019 №480н и зарегистрирован Минюстом России 29.07.2019 №55439;
- 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», который утвержден приказом Минтруда России от 07.09.2015 №593н (В редакции, введенной в действие с 20.01.2019 г. приказом Минтруда России от 14.12.2018 №807н) и зарегистрирован Минюстом России 23.09.2015 г. №38983.

2 Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части модуля профессиональной подготовки, базируется на результатах изучения дисциплин естественно-научного цикла и, в том числе математики, физики, химических дисциплин, информатики, а также дисциплин профиля: «Физика твердого тела».

При освоении дисциплины обучающийся сможет частично продемонстрировать следующие обобщенные трудовые функции (ОТФ):

- Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению браков в производстве изделий микроэлектроники (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код В, уровень квалификации 6).
- Разработка типовых технологических процессов и планировок рабочих мест и производственных участков на производстве изделий микроэлектроники

(профессиональный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код С, уровень квалификации 6).

3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины (модуля)

Для успешного освоения дисциплины студент должен знать:

- классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории;
- основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока;
- основы физики вакуума, плазмы и твердого тела;
- принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники;
- их конструкции, параметры и характеристики и методы их моделирования.

Профессиональные компетенции:

ПК-3 – способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать и понимать:

- физические основы технологий напыления тонких плёнок и методы измерения их толщины;
- специфику структуры тонких пленок, основные типы дефектов структуры тонких пленок, взаимосвязь физических свойств тонких пленок со структурой и дефектами;
- область применения технологий напыления тонких плёнок.

Уметь:

- переносить полученные знания о технологии напыления тонких плёнок на смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок;
- определять экспериментальным или расчетным путем оптимальные режимы проведения отдельных технологических операций.

Владеть:

- информацией о значении тонких пленок в современной науке, технике и технологиях, областях применения и перспективах развития материалов твердотельной электроники и приборов на их основе;
- методами планирования и проведения исследований и экспериментов с использованием технологии напыления тонких плёнок;
- методиками работы на напылительных установках;
- методами контроля параметров тонких плёнок и выбора технологических режимов.

4 Содержание и структура дисциплины (модуля)

Таблица 1. Содержание дисциплины «Физика и технология тонких пленок в электронике и нанoeлектронике», перечень оценочных средств и контролируемых компетенций.

№ раздел а	Наименование раздела/темы	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма текущего контроля
1	2	3	4	5
1.	Особенности роста тонких пленок.	1. Понятия «пленка» и «тонкая пленка». Примеры свойств и возможностей применения тонких пленок. 2. Этапы процесса осаждения пленок и их физико-химические особенности. Конденсация и образование зародышей, рост тонких пленок. Капиллярная модель зародышеобразования. 3. Четыре стадии роста пленки. Влияние характера зарождения пленок на их структуру. 4. Вакуум-термическая и химико-термическая подготовка поверхности. Методы нагрева и охлаждение подложек, измерения температуры.	ПК-3	К, Т, Р, ЛР, ДЗ
2.	Технология тонких пленок.	1. Физические свойства тонких пленок. Область применения тонких пленок. Требования к поверхности подложек. Микроструктура и микрорельеф. 2. Методы получения тонких пленок. Методы исследования свойств тонкопленочных покрытий. 3. Вакуумно-термическое испарение. Способы нагрева загрузки и конструкции испарителей. Испарение сплавов и соединений. Загрязнения в пленках и требования к вакууму.	ПК-3	К, Т, Р, ЛР, ДЗ

		<p>4. Лазерное испарение. Взаимодействие лазерных пучков с поверхностью материалов. Импульсное лазерное испарение. Влияние мощности и длительности импульса.</p> <p>5. Катодное вакуумное распыление. Физическое и реактивное катодное распыление. Влияние рабочих характеристик на параметры технологических процессов. Область применения катодного распыления.</p> <p>6. Ионное распыление: коэффициент и скорость распыления, оценка степени загрязнения при ионном распылении, диодная система распыления на постоянном токе. Контроль процесса осаждения тонких пленок.</p>		
3.	Методы нанесения композиционных покрытий.	<p>1. Механические методы нанесения покрытий: окунание, полив, протяжка, центрифугирование, трафаретная печать, пульверизация. Электрофизические методы: электростатическое распыление, электрофорез.</p> <p>2. Физические свойства тонких пленок: толщина, внутренние напряжения, адгезионная прочность, электрическое сопротивление. Методы контроля: интерферометрия, эллипсометрия, микрогравиметрия, в том числе с использованием пьезокварцевых резонаторов.</p>	ПК-3	К, Т, Р, ЛР, ДЗ

В графе 5 приводятся планируемые формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), домашнего задания (ДЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т) и т.д.

На изучение дисциплины отводится 108 часов (3 з.е.), из них контактная работа 34 час, в том числе лекционных часов – 16 час., лабораторных работ – 18 час.; самостоятельная работа студента – 74 час. Завершается зачетом и экзаменом.

Структура дисциплины «Физика и технология тонких пленок в электронике и нанoeлектронике».

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

Вид работы	Трудоемкость, часов		
	№ семестра	7 семестр	Всего
Общая трудоемкость		108	108
Контактная работа:		34	34
<i>Лекции (Л)</i>		16	16
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>		18	18
Самостоятельная работа:		74	74
Самостоятельное изучение разделов		74	74
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	Зачет		

Таблица 3. Лекционные занятия.

№	Тема
1.	Понятия «пленка» и «тонкая пленка». Примеры свойств и возможностей применения тонких пленок.
2.	Этапы процесса осаждения пленок и их физико-химические особенности. Конденсация и образование зародышей, рост тонких пленок. Капиллярная модель зародышеобразования.
3.	Стадии роста пленки. Влияние характера зарождения пленок на их структуру. Механизмы формирования пленок.
4.	Измерение толщины тонких пленок. Механические и структурные параметры пленок.
5.	Электрофизические свойства тонких пленок проводников.
6.	Получение тонких пленок термическим способом. Особенности вакуумных установок и испарителей.
7.	Осаждение тонких пленок с помощью ионного распыления.
8.	Получение тонких пленок с помощью лазерного испарения.
9.	Механические методы получения тонких пленок.
10.	Обработка тонких пленок и устройства на их основе. Сверхпроводниковые приемники и датчики излучения.

Таблица 4. Практические занятия (семинарские занятия) не предусмотрены учебным планом

Таблица 5. Лабораторные работы.

№ занятия	Наименование лабораторных работ
1	
1.	Расчет параметров поверхности с помощью пакета Mathcad.
2.	Получение поверхности пленок в трехмерном изображении.
3.	Получение полупроводниковых пленок вакуумно-термическим испарением.
4.	Измерение толщины тонкой пленки интерференционным методом.
5.	Исследование светопропускания тонких пленок на спектрофотометре.

Таблица 6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины.

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	2
1.	Требования, предъявляемые к подложке для получения пленок.
2.	Лазерное испарение. Импульсное лазерное испарение. Влияние мощности и длительности импульса.
3.	Катодное вакуумное распыление. Влияние рабочих характеристик на параметры технологических процессов.
4.	Методы контроля тонких пленок: интерферометрия, эллипсометрия, микрогравиметрия, в том числе с использованием пьезокварцевых резонаторов.

5 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются *текущий, рубежный контроль и промежуточная аттестация*.

5.1 Оценочные материалы для текущего контроля

Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины «Физика и технология тонких пленок в электронике и нанoeлектронике» и

включает: ответы на теоретические вопросы на лабораторном занятии, выполнение заданий на лабораторном занятии, самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий с отчетом (защитой) в установленный срок, написание докладов, рефератов и т.д. Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности задания.

Коллоквиум проводится в соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х. М. Бербекова (<https://www.kbsu.ru/>). Образцы вариантов заданий:

БИЛЕТ № 1.

1. Диэлектрические пленки и области их применения в микроэлектронике.
2. Основные характеристики технологии осаждения тонких пленок.

БИЛЕТ № 2.

1. Лазерная жидкофазная кристаллизация полупроводников.
2. Зарождение и рост тонких пленок.

В результате проведения коллоквиума обучающийся оценивается по следующей шкале (контролируемые компетенции ПК-3):

8 баллов ставится, если обучающийся:

- 1) полно излагает изученный материал, даёт правильное определение понятий;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные;
- 3) излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

6 баллов ставится, если обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для балла «1», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

3 балла ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

- 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий;
- 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

0 баллов ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке.

Тесты проводятся в соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова (<https://www.kbsu.ru/>). По дисциплине создан фонд тестовых заданий для контроля в

компьютерной форме, текущей успеваемости студентов. Полный перечень тестов приводится в банке тестовых заданий КБГУ. Доступ к тестам реализован на сайте информационной системы КБГУ (<http://www.open.kbsu.ru/>). Образцы вариантов тестовых заданий:

Вопросы по тестовым заданиям:

1. Тонкопленочная технология наибольшую роль играет в производстве:

- : солнечных элементов
- : сверхпроводников
- : волоконной оптике
- : интегральных микросхем

2. На величину адгезии пленки к подложке влияет:

- : материал подложки
- : температура подложки
- : толщина полученной пленки
- : скорость напыления

В результате проведения компьютерного тестирования выставляются баллы за правильные ответы (контролируемые компетенции ПК-3, ПК-4):

- 14-15 тестов – 5 баллов;
- 11-13 тестов – 4 балла;
- 8-10 тестов – 3 балла;
- 5-7 тестов – 2 балла;
- 2-4 теста – 1 балл.

Оценка лабораторных работ проводится в соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х. М. Бербекова (<https://www.kbsu.ru/>). Задания для лабораторных занятий приведены в описаниях лабораторных работ, доступных на сайте информационной системы КБГУ (<http://www.open.kbsu.ru/>).

В результате выполнения лабораторной работы обучающийся оценивается по следующей шкале (контролируемые компетенции ПК-3, ПК-4):

7 баллов ставится, если обучающийся:

- 1) в полной мере выполнил все запланированные на данный период лабораторные работы, знает изученный материал, даёт правильное определение понятий, предоставляет отчет по выполненной работе;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры;
- 3) излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

5 баллов ставится, если обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для балла «1», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в результатах или в анализе полученных результатов.

3 балла ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

- 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий;
- 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

0 баллов ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке.

Экзамен проводится в соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова (<https://www.kbsu.ru/>).

Перечень вопросов, выносимых на экзамен по дисциплине «**Физика и технология тонких пленок в электронике и нанoeлектронике**» (контролируемые компетенции ПК-3, ПК-4):

1. Диэлектрические пленки и области их применения в микроэлектронике.
2. Омические контакты и контактные системы.
3. Лазерная жидкофазная кристаллизация полупроводников.
4. Зарождение и рост тонких пленок.
5. Основные характеристики технологии осаждения тонких пленок.
6. Лазерная твердофазная кристаллизация полупроводников.
7. Получение тонких пленок методом термического испарения в высоком вакууме.
8. Технология формирования аморфных пленок кремния.
9. Термодинамическая теория зародышеобразования.
10. Свойства структуры металл-полупроводник.
11. Методы получения полупроводниковых слоёв и переходов.
12. Нанесение плёнок магнетронным распылением мишеней.
13. Тонкие пленки. Основные параметры и их измерение.
14. Формирование металлических плёнок методом катодного распыления. Механизм катодного распыления.
15. Конструкции магнетронных распылительных систем.
16. Зарождение и рост тонких пленок.
17. Силицидные резисторы. Формирование и свойства резисторов.
18. Основные характеристики α -SiH солнечных элементов.
19. Диффузия примесей в кремнии.
20. Резистивные плёнки. Получение и параметры пленок.
21. Плазмохимическое травление диэлектрических плёнок.
22. Свойства окисных плёнок.
23. Эпитаксия (общие сведения). Эпитаксиальное наращивание полупроводниковых слоёв.
24. Диффузия примесей в Si.
25. Механизм испарения сплавов (закон Рауля).

26. Тонкоплёночные солнечные элементы.
27. Тонкопленочные конденсаторы.
28. Гетеропереход. Формирование и основные параметры.
29. Рост зародышей и формирование сплошных плёнок.
30. Формирование металлических плёнок методом катодного распыления. Механизм катодного распыления.
31. Химическое осаждение из газовой фазы.
32. Теория испарения. Скорость испарения. Уравнение Герца-Кнудсена.
33. Молекулярно-лучевая (пучковая) эпитаксия.
34. Зависимость коэффициента распыления от параметров процесса катодного распыления.
35. Термическое окисление металлических пленок.
36. Статистическая теория зародышеобразования.
37. Свободное испарение в вакууме и эффузия.
38. Методы измерения вакуума.
39. Методы и средства получения вакуума..
40. Методы измерения толщины плёнок.
41. Вакуум. Связь степени вакуума и средней длины свободного пробега атомов и молекул остаточного газа.
42. Свойства структуры металл-полупроводник.
43. Теория испарения. Свободное испарение в вакууме и эффузия.
44. Термодинамическая теория зародышеобразования.
45. Свойства окисных плёнок металлов.
46. Вакуум. Средства откачки и измерения вакуума.

6 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Максимальная сумма (100 баллов), набираемая студентом по дисциплине включает две составляющие:

- *первая составляющая* – оценка регулярности, своевременности и качества выполнения студентом учебной работы по изучению дисциплины в течение периода изучения дисциплины (семестра, или нескольких семестров) (сумма – не более 70 баллов). Баллы, характеризующие успеваемость студента по дисциплине, набираются им в течение всего периода обучения за изучение отдельных тем и выполнение отдельных видов работ;
- *вторая составляющая* – оценка знаний студента по результатам промежуточной аттестации (не более 30 – баллов).

Таблица 7. Распределение баллов текущего, рубежного контроля и экзамена

№		Общая сумма	1-я контрольная точка	2-я контрольная точка	3-я контрольная точка
1.	Текущий контроль				
	посещение занятий	10 баллов	3 балла	3 балла	4 балла

	выполнение и защита лабораторных работ	21 балл	7 баллов	7 баллов	7 баллов
2.	Рубежный контроль				
	тестирование	15 баллов	5 баллов	5 баллов	5 баллов
	коллоквиум	24 балла	8 баллов	8 баллов	8 баллов
	Итого	70 баллов	23 балла	23 балла	24 балла
3.	Экзамен	30 баллов	min – 15, max – 30 баллов		

Таблица 8. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного контроля
ПК-3 – способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.	<p>Знает: Физические основы технологий напыления тонких плёнок и методы измерения их толщины.</p> <p>Умеет: Переносить полученных знания о технологии напыления тонких плёнок на смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок.</p> <p>Владеет: Информацией о значении тонких пленок в современной науке, технике и технологиях, областях применения и перспективах развития материалов твердотельной электроники и приборов на их основе.</p>	<p>Коллоквиум (раздел 5.1)</p> <p>Выполнение и защита лабораторных работ (раздел 5.1)</p> <p>Компьютерное тестирование (раздел 5.1)</p>

7 Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Антоненко С.В. Технология тонких пленок: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2008. - 104 с.
2. Берлин Е.В., Двинин С.А., Сейдман Л.А. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок. – М.: Техносфера, 2007.
3. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. М.: Техносфера, 2010. – 528 с.

4. Белокрылов И.В. Основы вакуумной техники Конспект лекции. Омск, 2007 г.
5. Никифорова Н.Н. Физика тонких пленок и малых частиц .Конспект лекции. БГУ, Минск, 2010 г.
6. Пасынков В.В. Материалы электронной техники: Учеб. для вузов по спец. электрон. техники / В.В. Пасынков; В.В.Пасынков, В.С.Сорокин. - 3-е изд. - СПб.: Лань, 2001. 367с.

Дополнительная литература

1. Антоненко С.В. Методические и лабораторные работы по курсам «Технология наноструктур и технология тонких пленок»: Уч.-мет. пособие. М.: МИФИ, 2011 г. 72 с.
2. Петухов В.Ю., Гумаров Г.Г. Ионно-лучевые методы получения тонких пленок. Уч.-мет. пособие по практикуму «Физике поверхности и тонких пленок», Казан.гос.ун. 2010 г.
3. Тешев Р.Ш., Кузнецов Г.Д., Гонов С.Ж., Гаев Д.С. Тонкие пленки в микро- и наноэлектронике. Лабораторный практикум. 2010 г.

Периодические издания

Журналы:

1. Известия вузов. Физика.
2. Известия вузов. Электроника.
3. Прикладная физика.
4. Микроэлектроника.
5. Физика и техника полупроводников.
6. Физика твердого тела.

Интернет-ресурсы

1. <http://www.nanoindustries.com>
2. <http://www.nanometer.ru>
3. <http://www.nanotechweb.org>
4. <http://www.elibrary.ru>
5. <http://www.sciam.ru>

Методические указания к лабораторным занятиям

Методические указания приводятся в описании всех лабораторных работ, предусмотренных настоящим курсом.

Методические рекомендации по работе с литературой

Всю литературу можно разделить на учебники и учебные пособия, оригинальные научные монографические источники, научные публикации в периодической печати. Из них можно выделить литературу основную (рекомендуемую), дополнительную и литературу для углубленного изучения дисциплины.

Изучение дисциплины следует начинать с учебника, поскольку учебник – это книга, в которой изложены основы научных знаний по определенному предмету в соответствии с целями и задачами обучения, установленными программой.

При работе с литературой необходимо учитывать, что имеются различные виды чтения, и каждый из них используется на определенных этапах освоения материала.

Предварительное чтение направлено на выявление в тексте незнакомых терминов и поиск их значения в справочной литературе. В частности, при чтении указанной литературы необходимо подробнейшим образом анализировать понятия.

Сквозное чтение предполагает прочтение материала от начала до конца. Сквозное чтение литературы из приведенного списка дает возможность студенту сформировать свод основных понятий из изучаемой области и свободно владеть ими.

Выборочное – наоборот, имеет целью поиск и отбор материала. В рамках данного курса выборочное чтение, как способ освоения содержания курса, должно использоваться при подготовке к практическим занятиям по соответствующим разделам.

Аналитическое чтение – это критический разбор текста с последующим его конспектированием. Освоение указанных понятий будет наиболее эффективным в том случае, если при чтении текстов студент будет задавать к этим текстам вопросы. Часть из этих вопросов сформулирована в ФОС в перечне вопросов для собеседования. Перечень этих вопросов ограничен, поэтому важно не только содержание вопросов, но сам принцип освоения литературы с помощью вопросов к текстам.

Целью *изучающего* чтения является глубокое и всестороннее понимание учебной информации. Есть несколько приемов изучающего чтения:

1. Чтение по алгоритму предполагает разбиение информации на блоки: название; автор; источник; основная идея текста; фактический материал; анализ текста путем сопоставления имеющихся точек зрения по рассматриваемым вопросам; новизна.

2. Прием постановки вопросов к тексту имеет следующий алгоритм:

- медленно прочитать текст, стараясь понять смысл изложенного;
- выделить ключевые слова в тексте;
- постараться понять основные идеи, подтекст и общий замысел автора.

3. Прием тезирования заключается в формулировании тезисов в виде положений, утверждений, выводов.

К этому можно добавить и иные приемы: прием реферирования, прием комментирования.

Важной составляющей любого солидного научного издания является список литературы, на которую ссылается автор. При возникновении интереса к какой-то обсуждаемой в тексте проблеме всегда есть возможность обратиться к списку относящейся к ней литературы. В этом случае вся проблема как бы разбивается на составляющие части, каждая из которых может изучаться отдельно от других. При этом важно не терять из вида общий контекст и не погружаться чрезмерно в детали, потому что таким образом можно не увидеть главного.

Подготовка к экзамену должна проводиться на основе лекционного материала, материала практических занятий с обязательным обращением к основным учебникам по курсу. Это позволит исключить ошибки в понимании материала, облегчит его осмысление, прокомментирует материал многочисленными примерами.

Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

При выполнении лабораторного практикума студенты в обязательном порядке проводят обработку и визуализацию экспериментальных данных с применением программных сред Microsoft Excel, MathCad, Origin, P-Cad. Компьютерное моделирование, предусмотренное при выполнении отдельных лабораторных работ, основано на использовании программного пакета LabView.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1 Требования к материально-техническому обеспечению

Для реализации рабочей программы дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, выполнения лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия. Имеются презентации по всем темам курса, позволяющие наиболее эффективно освоить представленный учебный материал.

При проведении занятий лекционного/ семинарского типа занятий используются:

лицензионное программное обеспечение:

– Продукты Microsoft (Excel, Word, Access, PowerPoint);

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition.

свободно распространяемые программы:

– Academic MarthCAD License - математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими;

– WinZip для Windows - программ для сжатия и распаковки файлов;

– Adobe Reader для Windows – программа для чтения PDF файлов;

– Far Manager - консольный файловый менеджер для операционных систем семейства Microsoft Windows;

– Математический пакет «MathCad 2015»;

– Математический пакет «Maple».

Система локальной сети КБГУ предоставляет возможность одновременной работы большого количества пользователей как в локальной сети, так и через сеть «Интернет» с соблюдением требований безопасности и разграничением доступа к информации.

Электронная информационно-образовательная среда организации позволяет осуществить работу обучающихся из любой точки доступа, в том числе извне ВУЗа.

8.2 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего

образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;

2. Для инвалидов с нарушениями зрения (слабовидящие, слепые):

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь, дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; наличие средств для усиления остаточного зрения, брайлевской компьютерной техники, видеоувеличителей, программ невидимого доступа к информации, программ-синтезаторов речи и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями зрения;

- задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту обучающимся;

3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху (слабослышащие, глухие):

- на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- зачет/экзамен проводится в письменной форме.

4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента экзамен проводится в устной форме.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

При освоении дисциплины обучающийся сможет частично продемонстрировать следующие обобщенные трудовые функции (ОТФ):

- Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению браков в производстве изделий микроэлектроники (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код В, уровень квалификации 6).

- Разработка типовых технологических процессов и планировок рабочих мест и производственных участков на производстве изделий микроэлектроники (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код С, уровень квалификации 6).

- Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (профессиональный стандарт 40.104 «Специалист

по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», код С, уровень квалификации 6).

Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины «Физика и технология тонких пленок в электронике и нанoeлектронике»

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры физических основ микро- и нанoeлектроники.

Протокол № _____ от «_____» _____ 2020 г.

Заведующий кафедрой

_____ А.А. Шебзухов

«_____» _____ 2020 г.