




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП



(подпись) Крайнова Г.С.
(Ф.И.О.)

« 15 » декабря 2021 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

И. о. директора Департамента общей и
экспериментальной физики


(подпись) В. В. Короченцев
(Ф.И.О.)

« 15 » декабря 202г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы технологии электронной компонентной базы

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

(наименование образовательной программы)

Форма подготовки очная

курс 4 семестр 7

лекции 30 час.

практические занятия не предусмотрены

лабораторные работы 44 час

в том числе с использованием МАО лек. - / пр. - / лаб. 18 час.

всего часов аудиторной нагрузки 74 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 70 час.

в том числе на подготовку к экзамену 27 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.03.04 «**Электроника и наноэлектроника**» утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19 сентября 2021 г. № 927 (с изменениями и дополнениями).

Рабочая программа обсуждена на заседании

департамента

протокол № 3 от « 29 » ноября 2021 г.

И. о. директора
департамента

к.х.н., доцент Короченцев В. В.

Составитель (ли):

Коробцов В.В.

Владивосток, 2021

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель:

- формирование у студентов знаний о назначении, физических принципах и методике выполнения основных технологических процессов, лежащих в основе технологии приборов твердотельной электроники и интегральных схем, производства приборов микро - и нанoeлектроники;
- формирование навыков моделирования процессов создания полупроводниковых приборов;
- получение углубленного профессионального образования по технологии электронной компонентной базы, обеспечивающего возможность быстрого и самостоятельного приобретения новых знаний, необходимых для адаптации и успешной профессиональной деятельности в области микро - и нанoeлектроники.

Задачи:

- рассмотреть основные понятия материаловедения, методы формирования элементов с необходимыми электрическими параметрами, физико-химические основы технологических процессов микроэлектроники и нанoeлектроники;
- обучиться применять технологические операции для создания элементов необходимой топологии, использовать физические законы для анализа производственных операций, оперировать физическими и технологическими терминами и величинами, решать задачи по расчету параметров основных технологических процессов;
- овладеть практическими приемами при работе с материалами и изделиями микро - и нанoeлектроники, измерения их основных параметров, исследования свойств новых материалов, самостоятельной работы на установках контроля технологических процессов;

Для успешного изучения «Основы технологии электронной компонентной базы» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);
- способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);
- способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей (ОПК-3);

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Производственно-технологическая	ПК-4 Способен организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники	ПК-4.1 применяет методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства
		ПК-4.2 осуществляет поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры
		ПК-4.3 обеспечивает метрологическое сопровождение технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
Сервисно-эксплуатационная	ПК-6 Способен осуществлять регламентную проверку технического состояния оборудования, его профилактический осмотр и текущий ремонт	ПК-6.1 производит расчет срока службы расходных материалов и технологических систем
		ПК-6.2 формирует заявки на приобретение расходных материалов
		ПК-6.3 осуществляет настройку объектов инфраструктуры чистых производственных помещений

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-4.1. Применяет методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства	Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
	Умеет измерять параметры технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
	Владеет навыками измерения параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
ПК-4.2. Осуществляет поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	Знает принципы учета видов и объемов производственных работ по проверке, настройке и калибровке электронной измерительной аппаратуры
	Умеет осуществлять поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры
	Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации
ПК-4.3. Обеспечивает метрологическое сопровождение технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	Знает принципы технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
	Умеет осуществлять метрологическое сопровождение технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
	Владеет навыками метрологического сопровождения технологических процессов
ПК-6.1. Производит расчет срока службы расходных материалов и технологических систем	Знает принципы конструирования технологических систем и регламентированные сроки службы расходных материалов
	Умеет проводить оценочные расчеты срока службы расходных материалов и технологических систем
	Владеет навыками расчета срока службы расходных материалов и технологических систем
ПК-6.2. Формирует заявки на приобретение расходных материалов	Знает правила и нормы использования расходных материалов
	Умеет подготавливать документацию на приобретение расходных материалов
	Владеет навыками формирования заявок на приобретение расходных материалов
ПК-6.3. Осуществляет настройку объектов инфраструктуры чистых производственных помещений	Знает принципы проектирования чистых производственных помещений
	Умеет проводить аттестацию чистых производственных помещений
	Владеет навыками настройки объектов инфраструктуры чистых производственных помещений

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы 144 академических часа).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лр	Лабораторные работы
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Лр	ОК	СР	Контроль	
1	Раздел I. Введение	7	2	-	-				УО-1; УО-3; ПР-4.
2	Раздел II. Основные процессы технологии электронной компонентной базы. Производственная чистота. Метрология и дефектоскопия. Обзор вафельной фабрики и стадий изготовления КМОП	7	7			-	43	27	
3	Раздел III. Физико-технологические процессы формирования ИС	7	6						
4	Раздел IV. Фотолитографический процесс	7	4						
	Итого:		30	44	-	-	43	27	

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия (30 час.)

Раздел I. Введение (2 час.)

Тема 1. Этапы развития и современное состояние технологии материалов и приборов макро-, микро- и нанoeлектроники (2 час.)

Введение в полупроводниковое производство. Корни и развитие полупроводниковой промышленности. Интеграция приборов. Интеграционные эпохи. Изготовление интегральных схем (ИС): Вафельная фабрика. Этапы изготовления ИС. Тенденции развития полупроводникового производства: увеличение производительности и надежности чипа, снижение его стоимости. Эпохи развития электроники. Карьера в полупроводниковом производстве

Раздел II. Основные процессы технологии электронной компонентной базы. Производственная чистота. Метрология и дефектоскопия. Обзор вафельной фабрики и стадий изготовления КМОП (8 час.)

Тема 1. Полупроводниковые материалы (1 час.)

Характеристики полупроводниковых материалов. Структура атома. Периодическая таблица. Классификация материалов. Кремний. Альтернативные полупроводниковые материалы.

Тема 2. Приборные технологии (1 час.)

Типы схем. Структуры пассивных компонент. Структуры активных компонент. Эффект защелкивания в КМОП устройствах. Типы интегральных схем

Тема 3. Кремний и изготовление пластин (2 час.)

Кремний полупроводникового класса. Кристаллическая структура. Ориентация кристалла. Рост монокристаллического кремния. Причины для увеличения диаметра слитка. Дефекты в кристаллическом кремнии. Технологический маршрут изготовления подложек. Контроль качества подложек. Эпитаксиальный слой

Тема 4. Химреактивы в полупроводниковом производстве (1 час.)

Состояние вещества. Химические свойства материалов для полупроводникового производства. Химические жидкости и газы в полупроводниковом производстве. Техника безопасности

Тема 5. Чистота полупроводникового производства (1 час.)

Контроль загрязнений на «вафельной» фабрике. Виды загрязнений. Источники и контроль загрязнений. Влажная очистка пластин

Тема 6. Метрология и дефектоскопия (1 час.)

Метрология и дефектоскопия. Метрология ИС. Меры качества. Аналитические методы и оборудование

Тема 7. Технологический маршрут изготовления ИС (1 час.)

Обзор технологических участков «вафельной» фабрики. Стадии изготовления КМОП. Параметрическое тестирование

Раздел III. Физико-технологические процессы формирования ИС (6 час.)

Тема 1. Окисление (2 час.)

Окисление. Природа окисной пленки. Использование окисной пленки. Химические реакции окисления и модель роста окисной пленки. Типы термических печей, их достоинства и недостатки. Быстрый термический

процессор. Технологический маршрут термического окисления. Измерения качества окисления. Диагностика и устранение проблем окисления

Тема 2. Осаждение (2 час.)

Осаждение. Тонкопленочная терминология. Характеристики пленок. Методы осаждения пленок. Химическое осаждение из пара (CVD) и его разновидности. Системы CVD. Диэлектрики и быстроедействие ИС. Центрифугирование диэлектриков. Эпитаксия. Меры качества CVD. Диагностика и устранение проблем CVD.

Тема 3. Металлизация (2 час.)

Металлизация. Металлы, используемые при изготовлении чипа. Системы осаждения металлов. Схемы металлизации. Меры качества металлизации. Диагностика и устранение проблем металлизации.

Тема 4. Травление (2 час.)

Травление. Процессы травления. Параметры травления. Сухое травление. Реакторы плазменного травления. Применение сухого травления. Мокрое травление. Удаление фоторезиста. Контроль мер качества травления. Диагностики и устранение проблем травления.

Тема 5. Ионная имплантация и диффузия (2 час.)

Ионная имплантация. Легированные области. Диффузия: принципы и процессы. Параметры ионной имплантации. Установка ионной имплантации. Эффекты каналирования. Направления применения ионной имплантации в производстве ИС. Измерения качества ионной имплантации. Диагностика и устранение проблем ионной имплантации.

Тема 6. Химико-механическая планаризация (2 час.)

Химико-механическая планаризация (ХМП). Традиционная планаризация. Механизмы и возможности ХМП. Оборудование для ХМП. Применение ХМП в процессе изготовления ИС. Измерения качества ХМП. Диагностика и устранение проблем ХМП.

Раздел IV. Фотолитографический процесс (8 часа)

Тема 1. От паровой обработки до мягкого прогрева. (2 час.)

Понятие фотолитографии. Фотолитографические процессы. Основные ступени фотолитографии. Фоторезист. Типы фоторезистов. Паровая обработка. Центрифугирование. Мягкий прогрев. Меры качества нанесения фоторезиста. Диагностика и устранение проблем нанесения фоторезиста.

Тема 2. Совмещение и экспозиция 3 час.)

Элементы оптической литографии. Системы совмещения и экспонирования. Прицельные маркеры. Оптические методы повышения точности совмещения. Меры качества совмещения и экспозиции. Диагностика и устранение проблем совмещения и экспозиции.

Тема 3. Проявление и передовые литографии (3 час.)

Пост-экспозиционный прогрев. Проявление негативного и позитивного фоторезиста. Методы и параметры проявления. Жесткий прогрев. Контроль проявления. Передовые литографии. Передовые технологии фоторезиста. Меры качества проявления. Диагностика и устранение проблем проявления.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Рабочей программой учебной дисциплины «Основы технологии электронной компонентной базы» предусмотрены 44 часов лабораторных работ в форме семинаров по следующим темам.

Тема 1. Проблемы формирования силицидных контактных слоев (6 час.)

- 1.1. Причины замены $TiSi_2$ на $CoSi_2$ контактного слоя в КМОП-технологии
- 1.2. Проблема потребления приповерхностного слоя кремния при твердофазном силицидобразовании
- 1.3. Влияние естественного оксида кремния на процесс твердофазного силицидобразования
- 1.4. Проблема латерального роста силицида
- 1.5. Особенности поведения легирующей примеси в кремнии при силицидообразовании и последующих термообработках

Тема 2. Принципы создания диффузионно-барьерных слоев (6 час.).

- 2.1. Классификация материалов диффузионно-барьерных слоев по механизму действия.
- 2.2. Анализ процесса деградации тонкого слоя в составе многослойной системы.
- 2.3. Критерии выбора материала диффузионно - барьерного слоя.
- 2.4. Некоторые аспекты образования стабильного аморфного материала.

Тема 3. Технологические возможности перспективных видов эпитаксии (7 час.)

- 3.1. Достижения молекулярно-лучевой эпитаксии.
- 3.2. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений.
- 3.3. Нетермическая активация эпитаксиальных процессов.
- 3.4. Действие внешнего электрического поля на процесс эпитаксии.
- 3.5. Влияние излучений на процесс эпитаксии.

Тема 4. Импульсное лазерное осаждение тонких пленок (7 час.)

- 4.1. Аблиция короткими независимыми лазерными импульсами и осаждение пленок. Механизмы, пороговая мощность скорость, глубина.
- 4.2. Кинетика роста пленок при лазерном осаждении.
- 4.3. Осаждение в сверхвысоком вакууме. Скорость осаждения, стехиометрия, однородность, формирование дефектов, огрубление и перемешивание границы раздела, формирование метастабильных фаз.
- 4.3. Осаждение в атмосфере инертного газа. Уменьшение имплантации, изменение скорости осаждения и свойств пленок.

4.4. Приложения метода лазерного осаждения

Тема 5. Высокоаспектное травление кремния (6 час.)

5.1. Мокрое травление

5.2. Сухое травление

5.3. Достоинства высокоаспектного травления

5.4. Параметры высокоаспектного травления

5.5. Термодинамика и кинетика высокоаспектного травления

Тема 6. Эволюция технологии межсоединений в кремниевых ИС (6 час.)

6.1. Этапы эволюции

6.2. Металлизация контактов

6.3. Отверстия и межсоединительные линии

6.4. Интеграция технологий

6.5. Причина ограничения быстродействия ИС

6.6. Интеграция меди и изоляторов с низким k

6.7. Будущее кремниевых межсоединений.

Тема 7. Воздействие материалов на технологию межсоединений и их надежность (6 час.)

7.1. Технология формирования межсоединений

7.2. Технология создания рисунка межсоединений

7.3. Воздействие на технологию очистки

7.4. Технология металлизации

7.5. Надежность медных межсоединений.

7.6. Электромиграция

7.7. Образование полостей

Задания для самостоятельной работы

Требования: Перед каждой лабораторной работой обучающемуся необходимо изучить Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы технологии электронной компонентной базы».

Самостоятельная работа №1. История развития полупроводниковой промышленности

Требования:

1. Свободно ориентироваться в истории развития полупроводниковой промышленности в России и за рубежом.

Самостоятельная работа № 2. Актуальные проблемы технологии СБИС.

Требования. Задание индивидуальное. Отчет по теме осуществляется в форме реферата (ПР-3). Каждый студент получает свой **вариант** темы для составления реферата.

Тематика реферата

1. Проблемы формирования силицидных контактных слоев в СБИС.
2. Принципы создания диффузионно-барьерных слоев в СБИС.
3. Технологические возможности перспективных видов эпитаксии в СБИС.
4. Импульсное лазерное осаждение тонких пленок.
5. Высокоаспектное травление кремния в СБИС.
6. Эволюция технологии межсоединений в кремниевых СБИС.
7. Воздействие материалов на технологию межсоединений в СБИС.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течение семестра	Подготовка к практическим занятиям, изучение литературы	8 часов	УО-1
2	1-3 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 1	6 часов	УО-1
3	4-6 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 2	6 часов	УО-1; УО-3; ПР-4
4	7-9 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 2	6 часов	УО-1; УО-3; ПР-4
5	10-12 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 2	6 часов	УО-1; УО-3; ПР-4

6	13-15 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 2	6 часов	УО-1; УО-3; ПР-4
7	16-18 неделя семестра	Подготовка к экзамену	27 часов	экзамен
Итого:			67 часа	

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратите внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

Работа с литературой.

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы, в том числе при написании эссе рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Существуют два метода работы над источниками:

– сплошное чтение обязательно при изучении учебника, глав монографии или статьи, то есть того, что имеет учебное значение. Как правило, здесь

требуется повторное чтение, для того чтобы понять написанное. Старайтесь при сплошном чтении не пропускать комментарии, сноски, справочные материалы, так как они предназначены для пояснений и помощи. Анализируйте рисунки (карты, диаграммы, графики), старайтесь понять, какие тенденции и закономерности они отражают;

– метод выборочного чтения дополняет сплошное чтение; он применяется для поисков дополнительных, уточняющих необходимых сведений в словарях, энциклопедиях, иных справочных изданиях. Этот метод крайне важен для повторения изученного и его закрепления, особенно при подготовке к зачету.

Для того чтобы каждый метод принес наибольший эффект, необходимо фиксировать все важные моменты, связанные с интересующей Вас темой.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе большой объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник, надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей.

Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.

Самостоятельная работа №1. От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в истории развития полупроводниковой промышленности в России и за рубежом.

Собеседование (устный опрос) позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и

иные коммуникативные навыки.

Опрос – важнейшее средство развития мышления и речи. Обучающая функция опроса состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке задания по самостоятельной работе.

Критерии оценки. Используется зачетная система. Во время опроса допускается не более 1-й ошибки или неточности по названию периода развития электронной промышленности, его времени и длительности.

Самостоятельная работа № 2. Отчет по теме осуществляется в форме реферата. Реферат, как оценочное средство, позволяет оценить умение обучающегося письменно излагать суть поставленного вопроса, самостоятельно проводить анализ, формулировать выводы. Реферат предоставляется в письменном виде. Методические рекомендации по написанию эссе представлены ниже.

Критерии оценки.

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент владеет навыками самостоятельной работы по теме исследования, реферировать литературные источники; методами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Реферат характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения. Студент умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы. Работа соответствует требованиям и выполнена в установленные сроки.
«не зачтено»	Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Студент не умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы, не владеет навыком реферировать литературные источники. Реферат не выполнено.

Методические рекомендации по написанию реферата

Цель реферата состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать реферат чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Реферат должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую

позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы реферата могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Структура реферата:

1) Тема

2) Введение - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически. На этом этапе очень важно правильно сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования. При работе над введением могут помочь ответы на следующие вопросы: «Надо ли давать определения терминам, прозвучавшим в теме эссе?», «Почему тема, которую я раскрываю, является важной в настоящий момент?», «Какие понятия будут вовлечены в мои рассуждения по теме?», «Могу ли я разделить тему на несколько более мелких подтем?».

3) Основная часть - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса. Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание реферата и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы. В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий: причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения реферата необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства - совершенно необходимый) способ построения любого реферата - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает

посмотреть на то, что предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить. Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4) Заключение - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий реферат элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

Реферат должно подчиняться общепринятым нормам, а именно, сохранности структуры:

1. Вступление (20% к общему объему работы)
2. Основная часть (тезис ↔ аргумент, 60%)
3. Заключение (20%)

На первоначальном этапе, реферат можно выполнять по инструкции, которая поможет структурировать работу. Условно разделим написание реферата на три этапа.

I этап «Введение-объяснение. Идет обоснование выбора темы, ее актуальность.

II этап «Основная часть реферата» - аргументированное раскрытие темы на основе собранного материала, в основной части раскрывается главная мысль, которую желательно подкрепить точными фактами, яркими аргументами. Например, описание технологической проблемы полупроводниковой промышленности по плану:

- Причины появления проблемы
- Соотношение проблемы к мировой
- Факты, подчеркивающие о состоянии проблемы на современном этапе
- Решение данной проблемы на уровне мировых корпораций

III этап «Заключение». В заключении необходимо выделить главную мысль реферата. Надо найти самую эффективную фразу, мысль, цитату – такую, которой можно было бы закончить работу.

Примечание: Не нужно ставить цифры и отвечать на пункты плана, изложение должно быть логическим, но каждый пункт плана может быть выделен новым абзацем. Каждый абзац – предыдущий и последующий – должны

быть связаны между собой. Так достигается целостность работы. Напомним, что реферат – это самостоятельная письменная работа, ваши рассуждения о проблеме, ваше видение проблемы.

Важно помнить, что главное в реферате – это наличие и умение оперировать техническими фактами, которые будут являться аргументами, опровергающими или подтверждающими выдвинутый тезис.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
2	Раздел II. Основные процессы технологии электронной компонентной базы. Производственная чистота. Метрология и дефектоскопия. Обзор вафельной фабрики и стадий изготовления КМОП	ПК-4.1. Применяет методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства	Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 1-3, 9, 11, 20, 29, 30-33
			Умеет измерять параметры технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
			Владеет навыками измерения параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
		ПК-4.2. Осуществляет поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	Знает принципы учета видов и объемов производственных работ по проверке, настройке и калибровке электронной измерительной аппаратуры	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 1-3, 9, 11, 20, 29, 30-33
			Умеет осуществлять поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
			Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
		ПК-4.3. Обеспечивает метрологическое сопровождение технологических процессов	Знает принципы технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 1-3, 9, 11, 20, 29, 30-33

		производства материалов и изделий электронной техники	Умеет осуществлять метрологическое сопровождение технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 1-3, 9, 11, 20, 29, 30-33
			Владеет навыками метрологического сопровождения технологических процессов	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
		ПК-6.1. Производит расчет срока службы расходных материалов и технологических систем	Знает принципы конструирования технологических систем и регламентированные сроки службы расходных материалов	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
			Умеет проводить оценочные расчеты срока службы расходных материалов и технологических систем	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
			Владеет навыками расчета срока службы расходных материалов и технологических систем	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
		ПК-6.2. Формирует заявки на приобретение расходных материалов	Знает правила и нормы использования расходных материалов	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
			Умеет подготавливать документацию на приобретение расходных материалов	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
			Владеет навыками формирования заявок на приобретение расходных материалов	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
		ПК-6.3. Осуществляет настройку объектов инфраструктуры чистых производственных помещений	Знает принципы проектирования чистых производственных помещений	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
			Умеет проводить аттестацию чистых производственных помещений	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
			Владеет навыками настройки объектов инфраструктуры	УО-1 собеседование /	

			чистых производственных помещений	устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
3	Раздел III. Физико-технологические процессы формирования ИС	ПК-4.1. Применяет методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства	Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 4, 5, 7, 8, 10, 12-15, 24, 25, 28, 34, 35, 38, 39
			Умеет измерять параметры технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-3 эссе	
			Владеет навыками измерения параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
		ПК-4.2. Осуществляет поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	Знает принципы учета видов и объемов производственных работ по проверке, настройке и калибровке электронной измерительной аппаратуры	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 4, 5, 7, 8, 10, 12-15, 24, 25, 28, 34, 35, 38, 39
			Умеет осуществлять поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
			Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
		ПК-4.3. Обеспечивает метрологическое сопровождение технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	Знает принципы технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 4, 5, 7, 8, 10, 12-15, 24, 25, 28, 34, 35, 38, 39
			Умеет осуществлять метрологическое сопровождение технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
			Владеет навыками метрологического сопровождения технологических процессов	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
		ПК-6.1. Производит расчет срока службы расходных материалов и технологических систем	Знает принципы конструирования технологических систем и регламентированные сроки службы расходных материалов	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 4, 5, 7, 8, 10, 12-15, 24, 25, 28, 34, 35, 38, 39

			Умеет проводить оценочные расчеты срока службы расходных материалов и технологических систем	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат				
			Владеет навыками расчета срока службы расходных материалов и технологических систем	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат				
		ПК-6.2. Формирует заявки на приобретение расходных материалов	Знает правила и нормы использования расходных материалов	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат		вопросы к экзамену 4, 5, 7, 8, 10, 12-15, 24, 25, 28, 34, 35, 38, 39		
			Умеет подготавливать документацию на приобретение расходных материалов	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат				
			Владеет навыками формирования заявок на приобретение расходных материалов	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат				
		ПК-6.3. Осуществляет настройку объектов инфраструктуры чистых производственных помещений	Знает принципы проектирования чистых производственных помещений	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат		вопросы к экзамену 4, 5, 7, 8, 10, 12-15, 24, 25, 28, 34, 35, 38, 39		
			Умеет проводить аттестацию чистых производственных помещений	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат				
			Владеет навыками настройки объектов инфраструктуры чистых производственных помещений	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат				
		4	Раздел IV. Фотографический процесс	ПК-4.1. Применяет методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства		Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 6, 16, 17, 22, 27, 36, 37, 40
		Умеет измерять параметры технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат					
Владеет навыками измерения параметров технологических	УО-1 собеседование /							

			процессов производства материалов и изделий электронной техники	устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат;	
	ПК-4.2. Осуществляет поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	Знает принципы учета видов и объемов производственных работ по проверке, настройке и калибровке электронной измерительной аппаратуры		УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 6, 16, 17, 22, 27, 36, 37, 40
Умеет осуществлять поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры			УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат		
Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации			УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат		
	ПК-4.3. Обеспечивает метрологическое сопровождение технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	Знает принципы технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники		УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 6, 16, 17, 22, 27, 36, 37, 40
Умеет осуществлять метрологическое сопровождение технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники			УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат		
Владеет навыками метрологического сопровождения технологических процессов			УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-3 эссе		
	ПК-6.1. Производит расчет срока службы расходных материалов и технологических систем	Знает принципы конструирования технологических систем и регламентированные сроки службы расходных материалов		УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 6, 16, 17, 22, 27, 36, 37, 40
Умеет проводить оценочные расчеты срока службы расходных материалов и технологических систем			УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат		
Владеет навыками расчета срока службы расходных материалов и технологических систем			УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат		
	ПК-6.2. Формирует заявки на приобретение расходных материалов	Знает правила и нормы использования расходных материалов		УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 6, 16, 17, 22, 27, 36, 37, 40

			Умеет подготавливать документацию на приобретение расходных материалов	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
			Владеет навыками формирования заявок на приобретение расходных материалов	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
		ПК-6.3. Осуществляет настройку объектов инфраструктуры чистых производственных помещений	Знает принципы проектирования чистых производственных помещений	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	вопросы к экзамену 6, 16, 17, 22, 27, 36, 37, 40
			Умеет проводить аттестацию чистых производственных помещений	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	
			Владеет навыками настройки объектов инфраструктуры чистых производственных помещений	УО-1 собеседование / устный опрос; УО-3 доклад, сообщение; ПР-4 реферат	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе VIII.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Введение в процессы интегральных микро - и нанотехнологий: учебное пособие для вузов: в 2т /под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010-2011. -(Нанотехнологии). Т.1: Физико-химические основы технологии микроэлектроники/ Ю.Д.Чистяков, Ю.П.Райнова.-392с. ЭК НБ ДВФУ:
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:298095&theme=FEFU>
2. Введение в процессы интегральных микро - и нанотехнологий: учебное пособие для вузов: в 2т /под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. М.:БИНОМ.

Лаборатория знаний, 2010-2011. -(Нанотехнологии). Т.2. Технологические аспекты / [М.В.Акуленок, В.М.Андреев, Д.А.Громов и др.]. - 2011. - 253с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:298095&theme=FEFU>

3. Громов Д.Г. Металлизация ультрабольших интегральных схем: учебное пособие/ Д.И.Громов, А.И.Мочалов, А.Д. Сулимин, В.И.Шевяков. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, - 2009. - 277с. ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:277417&theme=FEFU>

4. Барыбин А.А. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники: учебное пособие для вузов / А. А. Барыбин, В. И. Томилин, В. И. Шаповалов ; под общ. ред. А. А. Барыбина. - Москва : Физматлит, 2011. -783 с. ЭК НБ ДВФУ

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:675441&theme=FEFU>

5. Технология СБИС : в 2 кн. кн. 1 / [К. Пирс, А. Адамс, Л. Кац и др.] ; пер. с англ. В. М. Звероловлева [и др.]. Москва : Мир, 1986.404 с.

ЭК НБ ДВФУ

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:782237&theme=FEFU>

6. Технология СБИС в 2 кн. : кн. 2 / [К. Могэб, Д. Фрейзер, У. Фичтнер и др.] ; пер. с англ. В. Н. Лейкина [и др.] ; под ред. С. Зи. Москва : Мир, 1986.453 с.

ЭК НБ ДВФУ

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:782259&theme=FEFU>

Дополнительная литература

7. Гатчин Ю.А., Ткалич В.Л., Виволанцев А.С., Дудников Е.А. «Введение в Микроэлектронику». Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 114с.ЭК НБ ДВФУ:

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-65811&theme=FEFU>

8. Pulsed Laser Deposition of Thin Films: Applications-Led Growth of Functional Materials. Robert Eason. ISBN: 978-0-471-44709-2. 682 pages. Copyright # 2007 John Wiley & Sons, Inc
[http://www.fulviofrisone.com/attachments/article/466/Pulsed%20Laser%20Deposition%20Of%20Thin%20Films%20-%20R%20Eason%20\(Wiley,%202007\)%20Ww.pdf](http://www.fulviofrisone.com/attachments/article/466/Pulsed%20Laser%20Deposition%20Of%20Thin%20Films%20-%20R%20Eason%20(Wiley,%202007)%20Ww.pdf)
9. Banqiu Wu, Ajay Kumar, and Sharma Pamarthy. High aspect ratio silicon etch: A review //J. Appl. Phys. 108, 051101 (2010).
<https://doi.org/10.1063/1.3474652>
10. Xiuling Li. Metal assisted chemical etching for high aspect ratio nanostructures: A review of characteristics and applications in photovoltaics // Current Opinion in Solid State and Materials Science 16, 71 (2012).
<https://doi.org/10.1016/j.cossms.2011.11.002>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Информационные порталы: <http://www.semiconductors.net>,
<http://www.solid-state.com>, <http://research.ibm.com/journal/>, <http://www.intel.com>,
<http://MicroChemicals.eu>.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. Пакет программного обеспечения Microsoft Office (Word, Outlook, Power Point, Excel, Photoshop)

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины. Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно

в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратите внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, лабораторные занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Лабораторные занятия акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче зачета, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

Работа с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

Подготовка к экзамену. К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (лабораторные, самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 502. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	ПЕРЕЧЕНЬ ПО
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятельной работы	Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.)	ПЕРЕЧЕНЬ ПО

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Для дисциплины «Основы технологии электронной компонентной базы» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)
2. Презентация / сообщение (УО-3)

Письменные работы:

1. Реферат (ПР-4)

Устный опрос

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Презентация / сообщение (УО-3) – продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Письменные работы

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Реферат (ПР-4) – средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно излагать суть поставленной проблемы, самостоятельно проводить анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария соответствующей дисциплины, делать выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Основы технологии электронной компонентной базы» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – экзамен (7, осенний семестр). Экзамен по дисциплине включает ответы на 2 вопроса. Один из вопросов носит общий характер. Он направлен на раскрытие студентом знаний по «сквозным» вопросам и проблемам технологии

полупроводниковой электроники. Второй вопрос касается основных технологических процессов формирования ИС.

Методические указания по сдаче экзамена

Экзамен принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять экзамен в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения экзамена (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на экзамене, должно составлять не более 20 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на экзамене посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются на экзамен с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающихся устанавливается оценка «зачтено» или «не зачтено».

В зачетную книжку студента вносится только запись «зачтено», запись «не зачтено» вносится только в экзаменационную ведомость. При неявке студента на зачет в ведомости делается запись «не явился».

Вопросы к экзамену

1. Определить различия между аналоговыми и цифровыми устройствами и пассивными и активными компонентами. Объяснить влияние паразитных структур в пассивных компонентах.
2. Объяснить кристаллическую структуру кремния и способы получения монокристаллического кремния.
3. Выделить и описать основные этапы процесса подготовки пластин, начиная от слитка кремния и заканчивая пластиной.
4. Изложить химическую реакцию окисления и описать рост оксида на кремнии
5. Описать многослойную металлизацию. Обсудить приемлемые характеристики тонкой пленки. Назвать и проанализировать три стадии роста пленки.
6. Объяснить основные понятия фотолитографии, включая обзор процессов, поколения критических размеров, световой спектр, разрешение и допуски процесса.
7. Привести и обсудить восемь важных параметров травления. Дать примеры применения сухого травления диэлектриков, кремния и металла.
8. Объяснить цель и применение легирования в производстве СБИС. Обсудить важность дозы и спектра в ионной имплантации.
9. Объяснить основные характеристики КМОП-технологии, в том числе полевого транзистора и КМОП-инвертора.
10. Перечислить и описать шесть категорий металлов, используемые в производстве СБИС. Обсудить требования производительности и дать приложения для каждой категории металла.
11. Назвать и описать пять различных типов загрязнений чистой комнаты, и обсудить проблемы, связанные с каждым типом загрязнения.
12. Изложить три типа оборудования для термических процессов, описать пять частей вертикальной печи, и дать отличительные признаки быстроподъемной вертикальной печи.
13. Описать пленку оксида кремния для полупроводникового производства, включая его атомную структуру, как она используется, ее преимущества и недостатки. Объяснить селективное окисление и дать два примера.
14. Перечислить и описать восемь основных этапов химического осаждения из паровой фазы, в том числе различные типы химических реакций. Описать, чем ограничены CVD реакции, и объяснить динамику реакции и эффект легирования CVD пленок.

15. Объяснить преимущества использования медной металлизации в производстве СБИС. Описать проблемы реализации медной металлизации.
16. Описать фоторезист и обсудить его физические свойства. Обсудить химию и применение обычных фоторезистов *I-линии*.
17. Перечислить и описать восемь основных шагов по фотолитографии. Объяснить подготовку поверхности пластины для фотолитографии.
18. Объяснить достоинства травления высокоплотной плазмой и обсудить четыре типа реакторов высокоплотной плазмы.
19. Обсудить принципы и процесс термической диффузии примеси. Объяснить отжиг и каналирование в ионной имплантации.
20. Описать различные аспекты возможностей ультраочистки чистой комнаты: фильтрование, электростатическая разгрузка, ультрачистая вода и рабочие газы.
21. Назвать химию двух стандартных методов влажной очистки, объяснить тип загрязнений, удаляемых каждым и обсудить модификации влажной очистки и альтернативы.
22. Перечислить и объяснить важнейшие аспекты оптики для оптической литографии. Описать сетку, объяснить ее изготовление и использование в микролитографии.
23. Привести и описать четыре различные альтернативные литографии, в том числе проблемы внедрения в производство каждой из них.
24. Объяснить сухое травление, включая его преимущества и обсудить, как оно происходит. Привести и описать системы оборудования для семи реакторов сухого травления.
25. Представить обзор ионной имплантации, в том числе его преимуществ и недостатков. Перечислить и описать пять основных подсистем ионного имплантора.
26. Описать последовательность технологических операций для технологии «*dual-damascene*»).
27. Описать и показать преимущества передового резистивного процесса DESIRE. Указать причины необходимости жесткого прогрева после проявления резиста.
28. Предоставить обзор различных методов осаждения пленок. Обсудить эпитаксию и три различных метода осаждения эпитаксиального слоя.
29. Привести семь источников загрязнений в чистой комнате и описать, как каждый из них влияет на чистоту пластины. Интерпретировать и использовать номер класса для качества воздуха в чистой комнате
30. Обсудить основные дефекты в кристалле кремния.

- 31.Объяснить базовые характеристики КМОП технологии, включая полевой транзистор и КМОП-инвертор. Объяснить влияние паразитных транзисторов и их последствия для эффекта защелкивания в КМОП.
- 32.Дать классификацию и области использования различных химических реактивов в полупроводниковом производстве.
- 33.Объяснить, как устроена современная рабочая станция и вклад микрооборудования в уменьшение загрязнений. Описать различные типы оборудования влажной очистки, и назвать какой вклад в чистоту пластины вносит каждый из них.
- 34.Объяснить, что такое быстрый термический процессор, его использование и конструкцию.
- 35.Описать различные типы систем осаждения CVD, объяснить, как функционирует оборудование, и обсудить преимущества/недостатки конкретного метода для пленочных приложений.
- 36.Перечислить и описать восемь основных шагов по фотолитографии. Обсудить цель мягкого прогрева и объяснить способ его осуществления.
- 37.Объяснить цель совмещения и экспозиции в фотолитографии. Обсудить методы оптических аксессуаров для субволновой литографии.
- 38.Описать физику распыления и обсудить различные инструменты и приложения распыления. Преимущества и недостатки распыления.
- 39.Объяснить значение диэлектрических материалов для технологии чипа, давая примеры применения.
- 40.Описать химию и преимущества глубокого УФ резиста, включая химически усиленные резисты.

Критерии выставления оценки студенту на экзамене

К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие программу обучения по дисциплине, прошедшие все этапы текущей аттестации.

Оценка	50-60 баллов (неуд.)	61-75 баллов (удовл.)	76-85 баллов (хорошо)	86-100 баллов (отлично)
Критерии	Содержание критериев			
Представление	Проблема не раскрыта	Проблема раскрыта не полностью	Проблема раскрыта, но не все выводы обоснованы	Проблема раскрыта, проведен анализ, все выводы обоснованы
Оформление	Больше 4 ошибок	3- 4 ошибки	Не более 2 ошибок	Ошибки отсутствуют
Ответы на дополнительные вопросы	Нет ответов на вопросы	Только ответы на элементарные вопросы	Ответы на вопросы полные и/или частично полные	Ответы на вопросы полные с приведением пояснений

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (собеседования, презентации, рефераты,) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Вопросы для собеседования / устного опроса

Раздел II.

1. Определить различия между аналоговыми и цифровыми устройствами и пассивными и активными компонентами. Объяснить влияние паразитных структур в пассивных компонентах.
2. Объяснить кристаллическую структуру кремния и способы получения монокристаллического кремния.
3. Выделить и описать основные этапы процесса подготовки пластин, начиная от слитка кремния и заканчивая пластиной.
4. Объяснить основные характеристики КМОП-технологии, в том числе полевого транзистора и КМОП-инвертора
5. Назвать и описать пять различных типов загрязнений чистой комнаты, и обсудить проблемы, связанные с каждым типом загрязнения.
6. Описать различные аспекты возможностей ультраочистки чистой комнаты: фильтрование, электростатическая разгрузка, ультрачистая вода и рабочие газы.
7. Привести семь источников загрязнений в чистой комнате и описать, как каждый из них влияет на чистоту пластины. Интерпретировать и

использовать номер класса для качества воздуха в чистой комнате.

8. Обсудить основные дефекты в кристалле кремния.
9. Объяснить базовые характеристики КМОП технологии, включая полевой транзистор и КМОП-инвертор.
10. Объяснить влияние паразитных транзисторов и их последствия для эффекта защелкивания в КМОП.
11. Дать классификацию и области использования различных химических реактивов в полупроводниковом производстве.
12. Объяснить, как устроена современная рабочая станция и вклад микрооборудования в уменьшение загрязнений.
13. Описать различные типы оборудования влажной очистки, и назвать какой вклад в чистоту пластины вносит каждый из них

Раздел III.

1. Изложить химическую реакцию окисления и описать рост оксида на кремнии.
2. Описать многослойную металлизацию.
3. Обсудить приемлемые характеристики тонкой пленки. Назвать и проанализировать три стадии роста пленки.
4. Привести и обсудить восемь важных параметров травления. Дать примеры применения сухого травления диэлектриков, кремния и металла.
5. Объяснить цель и применение легирования в производстве СБИС. Обсудить важность дозы и спектра в ионной имплантации.
6. Перечислить и описать шесть категорий металлов, используемые в производстве СБИС. Обсудить требования производительности и дать приложения для каждой категории металла.
7. Изложить три типа оборудования для термических процессов, описать пять частей вертикальной печи, и дать отличительные признаки быстроподъемной вертикальной печи.
8. Описать пленку оксида кремния для полупроводникового производства, включая его атомную структуру, как она используется, ее преимущества и недостатки. Объяснить селективное окисление и дать два примера.
9. Перечислить и описать восемь основных этапов химического осаждения из паровой фазы, в том числе различные типы химических реакций. Описать, чем ограничены CVD реакции, и объяснить динамику реакции и эффект легирования CVD пленок.
10. Объяснить преимущества использования медной металлизации в производстве СБИС. Описать проблемы реализации медной

металлизации.

11. Объяснить сухое травление, включая его преимущества и обсудить, как оно происходит. Привести и описать системы оборудования для семи реакторов сухого травления.
12. Представить обзор ионной имплантации, в том числе его преимуществ и недостатков. Перечислить и описать пять основных подсистем ионного имплантора.
13. Предоставить обзор различных методов осаждения пленок. Обсудить эпитаксию и три различных метода осаждения эпитаксиального слоя.
14. Объяснить, что такое быстрый термический процессор, его использование и конструкцию.
15. Описать различные типы систем осаждения CVD, объяснить, как функционирует оборудование, и обсудить преимущества/недостатки конкретного метода для пленочных приложений.
16. Описать физику распыления и обсудить различные инструменты и приложения распыления. Преимущества и недостатки распыления.
17. Объяснить значение диэлектрических материалов для технологии чипа, давая примеры применения.

Раздел IV

1. Объяснить основные понятия фотолитографии, включая обзор процессов, поколения критических размеров, световой спектр, разрешение и допуски процесса.
2. Описать фоторезист и обсудить его физические свойства. Обсудить химию и применение обычных фоторезистов *I-линии*.
3. Перечислить и описать восемь основных шагов по фотолитографии. Объяснить подготовку поверхности пластины для фотолитографии.
4. Перечислить и объяснить важнейшие аспекты оптики для оптической литографии. Описать сетку, объяснить ее изготовление и использование в микролитографии.
5. Описать и показать преимущества передового резистивного процесса DESIRE. Указать причины необходимости жесткого прогрева после проявления резиста.
6. Объяснить цель совмещения и экспозиции в фотолитографии. Обсудить методы оптических аксессуаров для субволновой литографии.
7. Перечислить и описать восемь основных шагов по фотолитографии. Обсудить цель мягкого прогрева и объяснить способ его осуществления.
8. Описать химию и преимущества глубокого УФ резиста, включая

химически усиленные резисты.

Критерии оценивания

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент показал развернутый ответ на вопрос, знание литературы, обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, неточности в ответе исправляет самостоятельно.
«не зачтено»	Студент обнаруживает незнание вопроса, неуверенно излагает ответ.

Тематика презентаций

1. Проблемы формирования силицидных контактных слоев в СБИС.
2. Принципы создания диффузионно-барьерных слоев в СБИС.
3. Технологические возможности перспективных видов эпитаксии в СБИС.
4. Импульсное лазерное осаждение тонких пленок.
5. Высокоаспектное травление кремния в СБИС.
6. Эволюция технологии межсоединений в кремниевых СБИС.
7. Воздействие материалов на технологию межсоединений в СБИС.

Критерии оценки презентации

Оценка	2 балла (неудовлетворительно)	3 балла (удовлетворительно)	4 балла (хорошо)	5 баллов (отлично)
Критерии	Содержание критериев			
Раскрытие Проблемы	Проблема не раскрыта. Отсутствуют выводы	Проблема раскрыта не полностью. Выводы не сделаны и/или выводы не обоснованы	Проблема раскрыта. Проведен анализ проблемы без привлечения дополнительной литературы. Не все выводы сделаны и/или обоснованы	Проблема раскрыта полностью. Проведен анализ проблемы с привлечением дополнительной литературы. Выводы обоснованы

Представление	Представляемая информация логически не связана. Не использованы профессиональные термины. Отсутствует иллюстративный материал в виде блок-диаграмм, профилей	Представляемая информация не систематизирована и/или не последовательна. Использовано 1-2 профессиональных термина. Иллюстративный материал в виде блок-диаграмм, профилей заимствован	Представляемая информация не систематизирована и последовательна. Использовано более 2 профессиональных терминов. Представлен иллюстративный материал в виде блок-диаграмм, профилей	Представляемая информация систематизирована, последовательна и логически связана. Использовано более 5 профессиональных терминов. Представлен самостоятельно сделанный иллюстративный материал в виде блок-диаграмм, профилей
Оформление	Не использованы технологии Power Point. Больше 4 ошибок в представляемой информации	Использованы технологии Power Point частично. 3-4 ошибки в представляемой информации	Использованы технологии Power Point. Не более 2 ошибок в представляемой информации	Широко использованы технологии (Power Point и др.). Отсутствуют ошибки в представляемой информации
Ответы на вопросы	Нет ответов на вопросы	Только ответы на элементарные вопросы	Ответы на вопросы полные и/или частично полные	Ответы на вопросы полные, с приведением примеров и/или пояснений

Тематика рефератов

Раздел II-IV.

1. Проблемы формирования силицидных контактных слоев в СБИС.
2. Принципы создания диффузионно-барьерных слоев в СБИС.
3. Технологические возможности перспективных видов эпитаксии в СБИС.
4. Импульсное лазерное осаждение тонких пленок.
5. Высокоаспектное травление кремния в СБИС.
6. Эволюция технологии межсоединений в кремниевых СБИС.
7. Воздействие материалов на технологию межсоединений в СБИС

Критерии оценки реферата

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент владеет навыками самостоятельной работы по теме исследования, реферировать литературные источники; методами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Реферат характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения. Студент умеет обобщать

	фактический материал, делать самостоятельные выводы. Работа соответствует требованиям и выполнена в установленные сроки.
<i>«не зачтено»</i>	Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Студент не умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы, не владеет навыком реферировать литературные источники. Реферат не выполнен.