

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики
А.С. Батурин**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Основные технологические процессы микро- и нанoeлектроники
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра микро- и нанoeлектроники
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: А.А. Резванов, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники 03.03.2023

Аннотация

Курс "Основные технологические процессы микро- и нанoeлектроники" предусматривает изучение основных технологических процессов, которые используются при изготовлении интегральных схем. В рамках данного курса изучаются основы жидкостных процессов, плазмохимического травления, плазмохимического осаждения, атомно-слоевого осаждения, ионной имплантации, процессов селективного роста с полным описанием физико-химии указанных выше процессов, специального технологического оборудования, методов контроля дефектности, качества формируемых пленок и структур, методы аналитической оценки основных физических свойств формируемых слоев.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение основных технологических процессов, которые используются при изготовлении интегральных схем. В рамках данного курса изучаются основы жидкостных процессов, плазмохимического травления, плазмохимического осаждения, атомно-слоевого осаждения, ионной имплантации, процессов селективного роста с полным описанием физико-химии указанных выше процессов, специального технологического оборудования, методов контроля дефектности, качества формируемых пленок и структур, методы аналитической оценки основных физических свойств формируемых слоев.

Задачи дисциплины

- Рассмотрение основных этапов формирования интегральных схем (ИС).
- Рассмотрение процессов жидкостно-химического очистки (ЖХО) в маршруте изготовления ИС.
- Рассмотрение процессов жидкостно-химического травления (ЖХТ).
- Рассмотрение процессов формирования диэлектрических слоев методом осаждения из газовой фазы (ПХО).
- Рассмотреть и изучить основы ионной имплантации (ИИ).
- Рассмотреть и изучить основы процесса плазмохимического травления (ПХТ).
- Рассмотреть особенности архитектуры низкоразмерных транзисторных структур, современных типов энергонезависимой памяти.
- Рассмотреть и изучить основы процесса атомно-слоевого осаждения (АСО).
- Рассмотрение перспектив развития технологии.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-2 Способен управлять проектом на всех	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения

этапах его реализации	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы процессов ЖХО и ЖХТ;
- основы процесса ИИ;
- основы процесса ПХТ;
- основы процессов ПХО и АСО;
- основы процесса формирования медной и алюминиевой металлизации;
- основы процесса селективного осаждения;
- основные типы энергонезависимой памяти и принцип их работы.

уметь:

- выполнять и корректировать режимы процессов ПХТ, АСО, ПХО, ЖХТ, ЖХО, ИИ;
- проводить оптимальный подбор технологических режимов процессов ПХТ, АСО, ПХО, ЖХТ, ЖХО, ИИ;
- анализировать результаты экспериментов.

владеть:

- первичными навыками разработки технологических операций ПХТ, АСО, ПХО, ЖХТ, ЖХО, ИИ;
- первичными навыками работы на технологическом оборудовании ПХТ, АСО;
- основными методами анализа оценки качества технологических операций и технологических процессов.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение		2		1

2	Процессы ЖХО в маршруте изготовления ИМС. Источники и природа загрязнения кремниевых пластин и методы подготовки поверхности		2		1
3	Стратегии проведения жидкостных очисток пластин и удаления загрязнений. Процессы жидкостного химического травления кремниевых пластин		2		1
4	Удаление полимерной высадки. Удаление микрочастиц и процессы очистки с использованием физических сил		2		1
5	Обзор оборудования для процесса ЖХО. Техника безопасности и охрана труда при проведении ЖХО		2		1
6	Оборудование и процессы электрохимического осаждения меди в технологии нанoeлектроники		2		1
7	Диэлектрические слои в структуре субмикронных ИС		2		1
8	Методы и оборудование для формирования слоев из газовой фазы		2		1
9	Модель CVD и механизмы образования		2		1
10	Влияние отклонений технологических сред на качество диэлектрических слоев и структур ИС		2		1
11	Основы ионной имплантации. Профили распределения примесей. Радиационные дефекты и способы их устранения. Основные типы имплантеров и их области применения в процессе создания ИС		2		1
12	Основы плазмохимического травления. Категории процессов травления. Повреждение структур, вызванные воздействием плазмы. Типы реакторов и основные виды оборудования для ПХТ		2		1
13	Низкоразмерные транзисторные структуры. Современные виды энергонезависимой памяти. High-k диэлектрики и их применение		2		1
14	Основы атомно-слоевого осаждения. Кинетика зародышеобразования при нанесении пленок методом ALD. Основы селективного осаждения. Самоорганизация и влияние поверхностных состояний		2		1
15	Система металлизации в современных интегральных схемах. Low-k диэлектрики и их применение. Барьерные слои		2		1
Итого часов			30		15
Подготовка к экзамену		0 час.			

Общая трудоёмкость	45 час., 1 зач.ед.
--------------------	--------------------

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Введение

Технологическая операция. Базовый технологический процесс. Особенности производственной линии. Технологический маршрут. Классификация технологических процессов. Исходные материалы в микроэлектронике. Виды технологических операций.

2. Процессы ЖХО в маршруте изготовления ИМС. Источники и природа загрязнения кремниевых пластин и методы подготовки поверхности

Технология жидкостной очистки. Очистка RCA. Проблемы первоначальной RCA-очистки: Химическая стабильность. Источники и природа загрязнения кремниевых пластин и методы подготовки поверхности.

3. Стратегии проведения жидкостных очисток пластин и удаления загрязнений. Процессы жидкостного химического травления кремниевых пластин

Особенности процессов травления в растворах на основе HF. Особенности процессов травления в буферных травителях. Стратегии жидкостных химических очисток и удаления загрязнений с поверхности пластин. Процессы жидкостного химического травления слоёв при производстве интегральных схем. Контроль качества (по остаточной толщине слоя, по линейным размерам, визуальный).

4. Удаление полимерной высадки. Удаление микрочастиц и процессы очистки с использованием физических сил

Процессы удаления полимерных остатков после процессов плазмохимического травления слоёв. Визуальный контроль с помощью оптических методов. Коррозионные циклы. Удаление полимеров на этапе BEOL. Очистка контактов.

5. Обзор оборудования для процесса ЖХО. Техника безопасности и охрана труда при проведении ЖХО

Wet bench. Рециркуляционные ванны. Промывочные ванны. Система сушки. Сушка Марангони. Сушка при низком давлении. Химическая совместимость.

6. Оборудование и процессы электрохимического осаждения меди в технологии нанoeлектроники

Способы формирования медной металлизации: микромаршрут формирования металлизации методом двойного дамасцена. Оборудование для осаждения меди, осаждение меди по схеме «снизу-вверх». Процесс формирования медных межсоединений в кристалле: преимущества и недостатки медной металлизации, медный протокол, диффузионные барьеры, простой процесс дамасцена.

7. Диэлектрические слои в структуре субмикронных ИС

Диэлектрические слои в транзисторной структуре. Способ формирования диэлектрика оксидированием кремния. Осаждение слоев на основе оксида кремния окислением гидридов и элементоорганических соединений. Применение и функции различных диэлектрических слоев в физической структуре кристаллов УБИС.

8. Методы и оборудование для формирования слоев из газовой фазы

Формирование STI (изолирующих) областей в кремниевой подложке. Способ осаждения поликристаллического кремния. Способ осаждения слоев в высокоплотной плазме.

9. Модель CVD и механизмы образования

Физические процессы и осаждение слоев в плазме низкой и высокой плотности. Кинетическая схема процесса осаждения с термической активацией. Модели формирования и основные характеристики диэлектрических слоев.

10. Влияние отклонений технологических сред на качество диэлектрических слоев и структур ИС

Характерные виды профилей диэлектрических слоев на микрорельефе и основные факторы, определяющие их формирование. Промышленное оборудование для осаждения диэлектрических слоев.

11. Основы ионной имплантации. Профили распределения примесей. Радиационные дефекты и способы их устранения. Основные типы имплантеров и их области применения в процессе создания ИС

Области применения ионной имплантации. Назначение термического отжига, энергия активации, стадии отжига ИИ слоев. Радиационные дефекты при ионной имплантации. Способы устранения радиационных дефектов. Способы контроля дозы легирования при ИИ. Сепарация типа примеси при ИИ. Гауссово распределение пробегов ионов в мишени, средняя величина пробега иона. Типы установок ионного легирования. Назначение установок с высокой/средней энергией пучка, высоким/средним током пучка.

12. Основы плазмохимического травления. Категории процессов травления. Повреждение структур, вызванные воздействием плазмы. Типы реакторов и основные виды оборудования для ПХТ

Низкотемпературная плазма. Основное свойство квазинейтральности. Виды электрического заряда в газе. Основные параметры, контролируемые при плазмохимическом травлении. Базовые механизмы травления. Анизотропия, загрузочный эффект. CCP и ICP реакторы – конструкция и принцип работы. Повреждения структур при процессе ПХТ. Опишите основные процессы, происходящие в плазме при плазменном травлении кремниевой пластины.

13. Низкоразмерные транзисторные структуры. Современные виды энергонезависимой памяти. High-k диэлектрики и их применение

Низкоразмерные транзисторные структуры. Современные и перспективные архитектуры транзисторов. Проблемы масштабируемости Flash-памяти. Новые типы энергонезависимой памяти. Физический принцип работы ReRAM и FeRAM памяти.

14. Основы атомно-слоевого осаждения. Кинетика зародышеобразования при нанесении пленок методом ALD. Основы селективного осаждения. Самоорганизация и влияние поверхностных состояний

Особенности процесса атомно-слоевого осаждения (АСО). Факторы, влияющие на насыщение поверхности. Механизмы хемисорбции и поверхностного насыщения в процессе АСО. Области применения АСО. Селективное осаждение. Применение SAM молекул. Поверхностная энергия и смачиваемость. Особенности при подготовке поверхности в процессе селективного осаждения.

15. Система металлизации в современных интегральных схемах. Low-k диэлектрики и их применение. Барьерные слои

Технология Dual Damascene. Особенности применения жесткой маски при травлении. Диэлектрики на этапе металлизации. Способы уменьшения диэлектрической проницаемости. Виды low-k диэлектриков. Методы осаждения low-k диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость. Уравнение Клайзиуса-Моссотти. Проблемы интеграции пористых Low-k диэлектриков. Способы интеграции с минимизацией повреждения при ПХТ. Применение диэлектрических и металлических барьерных слоев на этапе медной металлизации. Альтернативные металлы для современных систем металлизации.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для занятий: учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Технология СБИС: В 2-х книгах. Книга 1. Авторы: К. Пирс, А. Адамс, Л. Кац, Дж. Цай, Т. Сейдел, Д. Макгиллис. Под редакцией С.Зи. Перевод с английского. (Москва: Мир: Редакция литературы по новой технике, 1986).
2. Технология СБИС: В 2-х книгах. Книга 2. Авторы: К. Могэб, Д. Фрейзер, У. Фичтнер, Л. Паррильо, Р. Маркус, К. Стейдел, У. Бертрэм. Под редакцией С.Зи. Перевод с английского. (Москва: Мир: Редакция литературы по новой технике, 1986).
3. Красников Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП транзисторов. – Акционерное общество "Рекламно-издательский центр" ТЕХНОСФЕРА", 2002. – С. 413-413.

Дополнительная литература

1. В.Л. Евдокимов – Газофазное формирование слоев субмикронных микросхем, учебное пособие. Москва, 2013 г.
2. Нанoeлектроника [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. А. Щука ; под ред. А. С. Сигова .— 2-е изд. — М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2012 .— 342 с.
3. Данилина Т.И., Кагадей В.А., Анищенко Е.В. Технология кремниевой наноэлектроники: Учебное пособие. – Томск: В-Спектр, 2011. – 263 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Не предусмотрены.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;

– напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

– чтение рекомендованной литературы;

– проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;

– решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;

– подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра микро- и нанoeлектроники
курс:	1
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	А.А. Резванов, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основные технологические процессы микро- и нанoeлектроники» обучающийся должен:

знать:

- основы процессов ЖХО и ЖХТ;
- основы процесса ИИ;
- основы процесса ПХТ;
- основы процессов ПХО и АСО;
- основы процесса формирования медной и алюминиевой металлизации;
- основы процесса селективного осаждения;
- основные типы энергонезависимой памяти и принцип их работы.

уметь:

- выполнять и корректировать режимы процессов ПХТ, АСО, ПХО, ЖХТ, ЖХО, ИИ;
- проводить оптимальный подбор технологических режимов процессов ПХТ, АСО, ПХО, ЖХТ, ЖХО, ИИ;
- анализировать результаты экспериментов.

владеть:

- первичными навыками разработки технологических операций ПХТ, АСО, ПХО, ЖХТ, ЖХО, ИИ;
- первичными навыками работы на технологическом оборудовании ПХТ, АСО;
- основными методами анализа оценки качества технологических операций и технологических процессов.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлого занятия.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Процессы жидкостного химического травления слоёв при производстве интегральных схем.
2. Методы осаждения low-k диэлектриков. Способы интеграции с минимизацией повреждения при ПХТ.
3. Процессы удаления полимерных остатков после процессов плазмохимического травления слоёв.
4. Процесс формирования медных межсоединений в кристалле: преимущества и недостатки медной металлизации, медный протокол, диффузионные барьеры, простой процесс дамасцена.
5. Основные параметры, контролируемые при плазмохимическом травлении. Базовые механизмы травления. Анизотропия, загрузочный эффект. ССР и ICP реакторы – конструкция и принцип работы.
6. Особенности процесса атомно-слоевого осаждения (АСО). Факторы, влияющие на насыщение поверхности. Механизмы хемисорбции и поверхностного насыщения в процессе АСО. Области применения АСО.
7. Способы контроля дозы легирования при ИИ. Сепарация типа примеси при ИИ.
8. Особенности процессов травления в буферных травителях.
9. Повреждения структур при процессе ПХТ. Опишите основные процессы, происходящие в плазме при плазменном травлении кремниевой пластины.
10. Процессы удаления полимерных остатков после процессов плазмохимического травления слоёв.
11. Проблемы масштабируемости Flash-памяти. Новые типы энергонезависимой памяти. Физический принцип работы ReRAM и FeRAM памяти.
12. Диэлектрическая проницаемость. Уравнение Клайзиуса-Моссотти. Проблемы интеграции пористых Low-k диэлектриков.
13. Характерные виды профилей диэлектрических слоев на микрорельефе и основные факторы, определяющие их формирование.
14. Осаждение слоев на основе оксида кремния окислением гидридов и элементоорганических соединений.
15. Особенности процессов травления в растворах на основе HF.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Оценка за семестр выставляется по результатам устного дифференцированного зачета. Опрос студента не должен превышать 60 минут.