

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета _____ В.А. Небольсин

«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Технологии МЭМС»

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

Профиль Инженерные нанотехнологии в приборостроении

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы _____ /Липатов Г.И./

Заведующий кафедрой
Полупроводниковой электроники
и наноэлектроники _____ /Рембеза С.И./

Руководитель ОПОП _____ /Липатов Г.И./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели изучения дисциплины

Формирование у обучающихся знаний о базовых технологических процессах изготовления микроэлектромеханических систем (МЭМС).

1.2. Задачи освоения дисциплины

Знать особенности изготовления микромеханических датчиков, связанные с получением подвижных чувствительных элементов: методы анизотропного травления (жидкостного и плазменного) конструктивных слоев МЭМС и размерного стоп-травления, технологии объемной и поверхностной микрообработки, технология LIGA, технологии SOIMUMPs и PoliMUMPs и др.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Технологии МЭМС» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Технологии МЭМС» направлен на формирование следующих компетенций:

ПКВ-2 — Готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования в производстве приборов и устройств микро- и наноэлектроники.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПКВ-2	знать физические принципы и основные технологические процессы формирования структур изделий микросистемной техники
	уметь проводить расчет режимов базовых технологических операций производства изделий микросистемной техники
	владеть методами анализа технологических процессов производства изделий микросистемной техники

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Технологии МЭМС» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	48	48

В том числе:		
лекции	24	24
лабораторные работы (лр)	24	24
Самостоятельная работа	96	96
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации — экзамен	+	+
Общая трудоемкость		
академические часы	180	180
з.е.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекции	Лаб. зан.	СРС	Всего часов
1	Технологический процесс изготовления МЭМС и его взаимосвязь с архитектурой изделия	Материалы микросистемной техники. Технологии изготовления МЭМС	4	—	6	10
2	Технологии объемной микрообработки	Технологии изотропного травления материалов. Технологии анизотропного «жидкостного» травления кремния. Технологии электроосаждения. Технология LIGA	8	16	38	62
3	Технологии поверхностной микрообработки	Технологии получения тонких пленок. Технологии анизотропного «сухого» травления кремния. Технологии высвобождения микроструктур. Технологии соединения и разъединения пластин	8	8	22	38
4	Технологии производства КМОП-МЭМС	Особенности технологий «КМОП-до», «КМОП-после», «КМОП-вместе». Технологические процессы iMEMS, SCREAM, SUMMiT-V, MUMPs, HexSil, HARPSS	4		30	34
Итого			24	24	96	144

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Изучение процесса ХОГФ кремния.
2. Исследование газоразрядной плазмы
3. Исследование процесса реактивно-ионного травления кремния
4. Изучение процесса формирования наноразмерных структур в кремнии и

кремнийсодержащих слоях с помощью реактивного ионного травления

5. Изучение процесса электроосаждения металла.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 7 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовых работ:

1. Технология SOIMUMPs (по вариантам).
2. Технология DRIE (по вариантам).
3. Технология METU-MET (по вариантам).
4. Технология EFAB (по вариантам).
5. Технология MUMPs (по вариантам).

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- приобретение знаний о технологиях изготовления изделий микросистемной техники;
- приобретение навыков расчетов режимов выполнения технологических операций производства изделий МСТ;
- приобретение навыков представления результатов исследований в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПКВ-2	знает физические принципы и основные технологические процессы формирования структур изделий микросистемной техники	Выполнение курсовой работы и лабораторных работ	Выполнение заданий в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение заданий в срок, предусмотренный в рабочих программах

	умеет проводить расчет режимов базовых технологических операций производства изделий микросистемной техники	Выполнение курсовой работы и лабораторных работ	Выполнение заданий в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение заданий в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеет методами анализа технологических процессов производства изделий микросистемной техники	Выполнение курсовой работы и лабораторных работ	Выполнение заданий в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение заданий в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПКВ-2	знает физические принципы и основные технологические процессы формирования структур изделий микросистемной техники	Ответы на вопросы в билете и экзаменатора, решение прикладной задачи	Даны исчерпывающие ответы на все вопросы	Даны исчерпывающие ответы на большинство вопросов	Даны правильные ответы только на часть вопросов	При ответах допущено множество ошибок
	умеет проводить расчет режимов базовых технологических операций производства изделий микросистемной техники		Задача решена в полном объеме и получены верные результаты	Продемонстрирован верный ход решения задачи, но не получен верный результат	Продемонстрирован верный ход решения задачи	Задача не решена
	владеет методами анализа технологических процессов производства изделий микросистемной техники		Даны исчерпывающие ответы на все вопросы	Даны исчерпывающие ответы на большинство вопросов	Даны правильные ответы только на часть вопросов	При ответах допущено множество ошибок

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Какие различают виды химического травления?

А) изотропное;

Б) анизотропное;

- В) ионно-плазменное;
- Г) селективное;
- Д) все перечисленные.

2. Что понимают под селективным травлением?

- А) растворение полупроводника с различной скоростью на разных участках поверхности с различным химическим составом;
- Б) удаление материала со строго ограниченных и заданных участков полупроводника.

3. Чем обусловлен выбор среза кремния в плоскости (100)?

- А) пересечение здесь плоскостей (100), (111) и (211);
- Б) пересечение здесь плоскостей (100), (110) и (211);
- В) пересечение здесь плоскостей (100), (110) и (111).

4. Какие травители используют для травления кремния?

- А) кислотные;
- Б) щелочные;
- В) кислотные и щелочные.

5. Какие заготовки используют для чувствительных элементов при поверхностной микротехнологии?

- А) однослойные кремниевые;
- Б) двухслойные из диоксида кремния и кремния;
- В) трехслойные из поликремния, диоксида кремния и кремния.

6. Каково назначение жертвенного слоя в поверхностной микротехнологии?

- А) временная маска для травления;
- Б) поддерживающий слой, на котором осаждается материал конструкционного слоя;
- В) временный слой, удаляемый при высвобождении конструкционного элемента.

7. Как ориентируют ребра прямоугольных или квадратных несущих пластин чувствительных элементов в направлении [110]?

- А) параллельно боковому срезу;
- Б) параллельно и перпендикулярно боковому срезу;
- В) перпендикулярно боковому срезу.

8. Какой из перечисленных ниже процессов является базовым для обеспечения высокого разрешения при переносе рисунка?

- А) анизотропное жидкостное травление;
- Б) ионное травление;

- В) реактивно-ионное травление;
- Г) плазмохимическое травление.

9. Что понимают под локальным травлением?

- А) растворение полупроводника с различной скоростью на разных участках поверхности с различным химическим составом;
- Б) удаление материала со строго ограниченных и заданных участков полупроводника.

10. Какие из методов контроля глубины травления получили наибольшее распространение?

- А) контроль по времени травления;
- Б) оптический метод;
- В) метод предварительного подтравливания;
- Г) применение самотормозящихся видов травления;
- Д) метод контрольных окон.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Какой будет величина подтравливания кремния в плоскости (100) под защитную маску за время травления 1 ч, если скорости травления в направлениях, перпендикулярных плоскостям (100) и (111), равны соответственно 100 мкм/ч и 0,5 мкм/ч?

- 1) 0,5 мкм;
- 2) 0,612 мкм;
- 3) 100 мкм.

2. Какой будет ширина дна канавки в кремнии ориентации (100), образуемой стенками ориентации (111), если травление происходит через окно в маске шириной 10 мкм на глубину 5 мкм?

- 1) 3 мкм;
- 2) 5 мкм;
- 3) 10 мкм.

3. Какими должны быть размеры окна в маске для получения анизотропным двухсторонним травлением пластины кремния ориентации (100) толщиной 0,38 мм сквозного отверстия размером $1,3 \times 1,3$ мкм²?

- 1) 3,9 мкм;
- 2) 190 мкм;
- 3) 300 мкм.

4. При изотропном травлении кремния в травителе HF/HNO₃ происходит реакция $\text{Si} + 2\text{HNO}_3 + 6\text{HF} \rightarrow \text{H}_2\text{SiF}_6 + 2\text{HNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 125 \text{ ккал/моль}$. При каком молярном соотношении HNO₃ и HF должна достигаться максимальная скорость травления, если реакция контролируется диффузией?

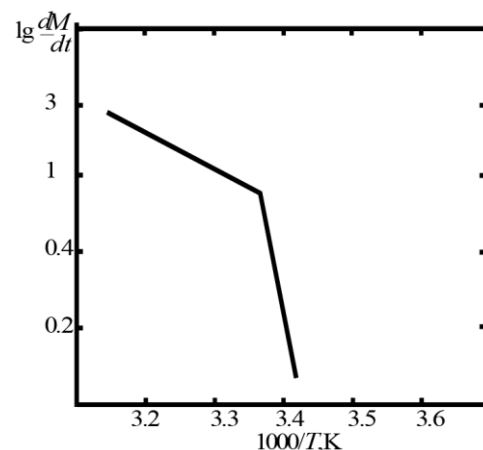
- 1) 1:2;
- 2) 1:2,5;
- 3) 1:3;
- 4) 1:4.

5. Достаточно ли толщина оксида 1,3 мкм для сквозного травления кремневой подложки толщиной 380 мкм (6 ч), если селективность в 7М КОН при 80 °С для Si/SiO₂ составляет 30±5?

- 1) достаточна; 2) недостаточна.

6. На рисунке приведена зависимость скорости травления от величины $1000/T$ при травлении Si в HNO_3/HF . Чему равна энергия активации диффузионно-контролируемого травления?

- 1) 4 ккал/моль;
2) 6 ккал/моль;
3) 125 ккал/моль.



7. Определить максимально допустимый объемный расход парогазовой смеси, $\text{м}^3/\text{с}$, имеющей коэффициент кинематической вязкости $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$, чтобы режим течения её через зазор в 7 см между подложкодержателем и внутренней стенкой реактора диаметром 40 см был ламинарным. Процесс химического осаждения из газовой фазы проводится при температуре 1200°C .

- 1) $5,64 \cdot 10^{-2}$; 2) 0,564; 3) 5,64.

8. Какое время потребуется для получения 10-мкм слоя поликремния в процессе химического осаждения из газовой фазы при плотности потока кремния, конденсирующегося в диффузионном режиме на подложке, $4,57 \cdot 10^{-7} \text{ моль}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$?

- 1) 1 мин; 2) 2 мин; 3) 3 мин.

9. Какое остаточное давление допустимо в камере установки вакуум-термического напыления алюминия ($T_{\text{исп}}=1150^\circ\text{C}$), если расстояние от испарителя до подложкодержателя составляет 50 см?

- 1) $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$; 2) $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$; 3) $3,0 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$.

10. Во сколько раз возрастет скорость травления кремния ориентации (111) в анизотропном травителе этилендиамин/пирокатехин ($E_a=0,52 \text{ эВ}$) при увеличении температуры на 10°C , если при температуре 60°C её значение равно $0,1 \text{ мкм}/\text{ч}$?

- 1) 1,2; 2) 1,6; 3) 2,1.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Рассчитать величину подтравливания кремния в плоскости (100) под защитную маску за время травления 1 ч, если скорости травления в направлениях, перпендикулярных плоскостям (100) и (111), равны соответственно $100 \text{ мкм}/\text{ч}$ $0,5 \text{ мкм}/\text{ч}$.

2. Рассчитать ширину дна канавки в кремнии ориентации (100), образуемой стенками ориентации (111), если травление происходит через окно в маске шириной 10 мкм на глубину 5 мкм.

3. Рассчитать размеры окна в маске для получения анизотропным двухсторонним травлением пластины кремния ориентации (100) толщиной 0,38 мм сквозного отверстия размером $1,3 \times 1,3 \text{ мкм}^2$.

4. Рассчитать толщину диоксида кремния для сквозного травления кремниевой подложки толщиной 380 мкм, если селективность в 7М КОН при 60 °С для Si/SiO₂ составляет 90.

5. Рассчитать допустимое максимальное остаточное давление в камере установки вакуум-термического напыления алюминия ($T_{\text{исп}}=1150 \text{ °С}$), если расстояние от испарителя до подложкодержателя составляет 50 см.

6. Определить режим течения газа через реактор при величине зазора между подложкодержателем и внутренней стенкой реактора диаметром 40 см 7 см, если объемный расход парогазовой смеси, имеющей коэффициент кинематической вязкости $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$, приведенный к нормальным условиям, составляет $7,2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$. Процесс химического осаждения из газовой фазы проводится при температуре 1200 °С.

7. Рассчитать скорость осаждения кремния в процессе химического осаждения из газовой фазы при плотности потока кремния, конденсирующегося в диффузионном режиме на подложке, $4,57 \cdot 10^{-7} \text{ моль}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$.

8. Рассчитать процесс двухстороннего нагрева пластины кремния диаметром 100 мм и толщиной 380 мкм. Коэффициент теплоотдачи $1100 \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{К})$, начальная температура 20 °С, конечная — 1000 °С.

9. Рассчитать толщину динамического пограничного слоя, возникающего у поверхности подложки в процессе её травления в парогазовой смеси, содержащей молярную долю 0,1 HF в водороде. Температура процесса 900 °С. Скорость движения ПГС 3 м/с.

10. Оценить однородность по толщине напыляемого термическим испарением слоя алюминия при $T_{\text{исп}}=1150 \text{ °С}$, если расстояние от испарителя до подложкодержателя составляет 50 см, а диаметр подложки равен 150 мм.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает проведение зачета.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Материаловедческие аспекты микро- и нанoeлектромеханических систем: кремний и материалы на его основе; материалы на основе германия; металлы; полупроводники для экстремальных сред; сегнетоэлектрики; полимерные материалы

2. Особенности и области применения технологии объемной микрообработки кремния?

3. Особенности и области применения технологии поверхностной микрообработки кремния?
4. Особенности и области технологии LIGA?
5. Технологии высвобождения микроструктур
6. Особенности и области применения технологии MUMPs?
7. Требования к пленочным покрытиям и методы осаждения тонких пленок.
8. Нанесение тонких пленок методами вакуум-термического напыления и магнетронного распыления
9. Особенности механизмов процессов химического осаждения из газовой фазы
10. Режимы и лимитирующая стадия гетерогенного химического процесса
11. Технология электрохимического осаждения
12. Изотропное травление кремния?
13. Анизотропное травление кремния?
14. Селективное травление кремния?
15. Технология плазмохимического травления кремния
16. Технология реактивно-ионного травления кремния
17. Технологии соединения подложек
18. Герметичное и вакуумное корпусирование и их применения
19. Пассивация поверхности
20. Проблемы интеграции процессов микрообработки и КМОП-технологии

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Оценка	Критерии оценок
Отлично	Корректное использование широкого спектра научных понятий. Рассуждения логически непротиворечивы, последовательны, выявлены причинно-следственные связи, осуществлен последовательный анализ проблемы, все выводы обоснованы достоверной фактологической базой. Продemonстрировано умение целостно видеть проблему, выделять ее ключевое звено.
Хорошо	Достаточный уровень знаний. Может быть продемонстрировано знание основных принципов и концепций при наличии некоторых несущественных пробелов. Целостное видение рассматриваемой проблемы присутствует, но не до конца выражено в авторском анализе.
Удовлетворительно	Удовлетворительный уровень знаний. Налицо ряд пробелов в знании основных принципов и концепций. Анализ проблемы проведен фрагментарно. Выводы в основном верные, но в рассуждении допущены логические пробелы, мешающие целостному видению рассматриваемой проблемы.
Неудовлетворительно	Низкий уровень знаний. Допущены существенные ошибки. Отсутствие логических рассуждений, понимания проблемы, необоснованность выводов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компе-	Наименование оценочного средства
-------	--	---------------------------	----------------------------------

		тенции	
1	Технологический процесс изготовления МЭМС и его взаимосвязь с архитектурой изделия	ПКВ-2	Ответы на вопросы в билете и экзаменатора, решение прикладной задачи, результаты защиты курсовой работы
2	Технологии объемной микрообработки		Ответы на вопросы в билете и экзаменатора, решение прикладной задачи, результаты защиты курсовой работы
3	Технологии поверхностной микрообработки		Ответы на вопросы в билете и экзаменатора, решение прикладной задачи, результаты защиты курсовой работы
4	Технологии производства КМОП-МЭМС		Ответы на вопросы в билете и экзаменатора, решение прикладной задачи, результаты защиты курсовой работы

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

Тестирование осуществляется с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задачи 20 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к проекту, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Технология СБИС: В 2-х кн. / Под ред. С. Зи. — М.: Мир, 1986. Кн.1. — 404 с.; кн.2. — 453 с.

2. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям (в 3-х томах) / Под ред Б. Бхушана. — М.: Техносфера, 2010. Т.1 — 864 с.; Т.2 — 1039 с.; Т.3 — 812 с.

3. Липатов Г.И. Технология материалов и изделий электронной техники: В 4-

х ч. / Г.И. Липатов. — Воронеж: ВГТУ, 2006. Ч.2 — 172 с.; Ч.3 — 227 с.

4. Липатов Г.И. Расчеты процессов очистки и получения пленок и слоев методами физического и химического осаждения: учебное пособие [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые и граф. данные (1,1 Мб) / Г.И. Липатов. — Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2019.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Презентация «MEMS & Microsystems Fabrication» Страница Technologies Overview [Эл. ресурс]. Официальный сайт компании Invenios. Электрон. дан.: <http://invenios.com/micro-fabrication/>

Презентация «MEMS Fabrication». T. Szychowski. Электрон. дан.: <http://slideplayer.com/slide/6004556/>

Презентации по курсу «Разработка и изготовления МЭМС» для лекционного курса Массачусетского института технологий (MIT):

<http://ocw.mit.edu/courses/electricalengineering-and-computer-science/6-777j-design-and-fabrication-of-microelectromechanicaldevices-spring-2007/lecture-notes/>

<http://users.omskreg.ru/~kolosov/atlas/3D-crystals/indexr.htm> — физико-химические свойства материалов

<http://matdata.net/>

<http://www.calc.ru> — on-line калькулятор

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Учебный компьютерный класс, оснащенный компьютерными программами для выполнения расчетов, и рабочими местами для самостоятельной подготовки обучающихся с выходом в Интернет.

Технологическое и контрольно-измерительное оборудование.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Технологии МЭМС»

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соот-

ветствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы обучающиеся должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных занятий, для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			