

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета _____ В.А. Небольсин

«29» июня 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)**

**Б1.О.03 «Микро и нанотехнологии производства электронных
средств»**

Направление подготовки (специальность) 11.04.03 – Конструирование и
технология электронных средств

Магистерская программа Автоматизированное проектирование и техноло-
гия радиоэлектронных средств специального назначения

Квалификация выпускника Магистр

Нормативный период обучения 2 года/ 2года 3 месяца

Форма обучения Очная/ Заочная

Год начала подготовки 2018 г.

Автор программы _____

/Бадаев А.В./

И.о. заведующего кафедрой
радиоэлектронных
устройств и систем _____

/Журавлев Д.В./

Руководитель ОПОП _____

/Муратов А.В./

Воронеж 2018

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины – формирование у студентов современных представлений о микро- и нанотехнологиях электронных средств для реализации схмотехнических решений, ознакомление с применяемым технологическим оборудованием и методами проектирования и контроля качества изделий.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- изучить физико-химические основы базовых технологических операций микро- и нанoeлектроники;
- ознакомиться с конструкцией и применением технологических установок и оборудованием микро- и нанoeлектроники.
- изучить современные технологические процессы формирования биполярных и МОП-структур
- освоить современные САПР для реализации топологии и верификации биполярных и МОП-структур.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Микро и нанотехнологии производства электронных средств» относится к дисциплинам обязательной части блока Б.1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Микро и нанотехнологии производства электронных средств» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-2 - Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла;

ОУК-4 - Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-2	ИД-1 _{УК-2} Знать: - физико-химические явления, протекающие при проведении технологических процессов микро- и нанoeлектроники; - методику проведения базовых технологических операций: эпитаксии, легирования, литографии, нанесения тонких пленок, химической, ионно-плазменной, электронной, лазерной, зондовой обработки.

ОУК-4	ИД-2 _{ОУК-2} уметь применять на практике полученные знания при организации научно-исследовательских работ.
	ИД-3 _{ОУК-2} владеет способностью управлять коллективом.
	ИД-1 _{ОУК-4} знать современные направления развития нанoeлектро-ники.
	ИД-2 _{ОУК-4} уметь: - творчески подходить к решению проблем и разработке техно-логий производства современной микро- и нанoeлектроники - порождать новые идеи в этой области.
	ИД-3 _{ОУК-4} владеть навыками работы в научно-исследовательском и производственном коллективах

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Микро и нанотехнологии производ-ства электронных средств» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		2			
Аудиторные занятия (всего)	81	81			
В том числе:					
Лекции	9	9			
Практические занятия (ПЗ)	36	36			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
Самостоятельная работа	63	63			
Курсовая работа					
Контрольная работа					
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой					
Вид промежуточной аттестации – экзамен	+	+			
Общая трудоемкость час экзамен. ед.	180	180			
		36			

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		2			
Аудиторные занятия (всего)	8	8			
В том числе:					
Лекции	2	2			
Практические занятия (ПЗ)	2	2			

Лабораторные работы (ЛР)	4	4			
Самостоятельная работа	163	163			
Курсовая работа					
Контрольная работа					
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой					
Вид промежуточной аттестации – экзамен	+	+			
Общая трудоемкость час	180	180			
экзамен. ед.		9			

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	Введение. Основные положения, определения и современные тенденции развития микро- и нанoeлектроники	1	0	0	18	19
2	Основные технологические операции в микро- и нанoeлектронике	Основные технологические операции в микро- и нанoeлектронике	1	0	4	18	23
3	Методы формирования топологического рисунка	Методы формирования топологического рисунка	2	0	4	18	24
4	Технологические процессы изготовления биполярных микро- и наноструктур	Технологические процессы изготовления биполярных микро- и наноструктур	2	0	6	18	26
5	Технологические процессы изготовления субмикро- и нанoeлектронных МОП-структур	Технологические процессы изготовления субмикро- и нанoeлектронных МОП-структур	2	0	4	18	24
6	ИПИ системы.	Применение ИПИ (CALS) систем для РЭС спецназначения системы	1	0	0	18	19
Итого			9	0	18	108	135

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	Введение. Основные положения, определения и современные тенденции развития микро- и нанoeлектроники	0	0	0	27	27
2	Маршрут проектирования РЭС спецназначения	Основные технологические операции в микро- и нанoeлектронике	1	0	0	26	27
3	САПР для проектирования РЭС спецназначения	Методы формирования топологического рисунка	1	0	0	26	27

4	Применение САЕ для создания РЭС спец-назначения	Технологические процессы изготовления би-полярных микро- и наноструктур	1	0	4	26	31
5	Вопросы оптимизации конструкции	Технологические процессы изготовления суб-микро- и нанoeлектронных МОП-структур	1	0	4	26	31
6	ИПИИ системы.	Применение ИПИ (CALS) систем для РЭС спецназначения системы	0	0	0	28	28
Итого			4	0	8	159	171

5.2 Перечень лабораторных работ

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе в интер-активной форме (ИФ)	Ви-ды-конт-роля
2 семестр		18	9	
Основные технологические операции в микро- и нанoeлек-тронике		5	2	
30	Проектирование металлической разводки в МОП-ИМС	5	2	Отчет
Методы формирования топологического рисунка		4	2	
33	Проектирование интегрального резистора для МОП-структур	4	2	Отчет
Технологические процессы изготовления субмикро- и нано-электронных МОП-структур		9	5	
36	Проектирование топологии МДП-транзистора	5	3	Отчет
39	Верификация топологии интегральных схем	4	2	Отчет
Итого часов		18	9	

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы не предусмотрено.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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
УК-4	ИД-1УК-4 знать принципы конструирования отдельных узлов и блоков электронных приборов и радиоэлектронных устройств с использованием средств автоматизации проектирования.	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	ИД-2УК-4 уметь проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов и радиоэлектронных устройств с использованием средств автоматизации проектирования	Решение стандартных практических задач, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	ИД-3УК-4 владеть навыками проектирования отдельных модулей РЭС с учетом заданных требований	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОУК-4	ИД-1ОПК-3 знать основы подготовки конструкторской документации с учетом требований ЕСКД	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	ИД-2ОПК-3 уметь подготавливать конструкторскую документацию на радиоэлектронные	Решение стандартных практических задач, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	устройства с использованием средств автоматизации проектирования			
	ИД-3ОПК-3 владеть навыками выполнения чертежей на радиоэлектронные устройства с использованием средств автоматизации проектирования, а также навыками инженерного анализа	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестрах для очной и заочной форм обучения по системе:

«отлично»;
«хорошо»;
«удовлетворительно»;
«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
УК-4	ИД-1УК-4 знать принципы конструирования отдельных узлов и блоков электронных приборов и радиоэлектронных устройств с использованием средств автоматизации проектирования..	Тест	Выполнение теста на 11-12 баллов	Выполнение теста на 9-10 баллов	Выполнение теста на 6-8 баллов	Выполнение теста на 0-5 баллов
ОУК-4	ИД-1ОПК-3 знать основы подготовки конструкторской	Тест	Выполнение теста на 11-12 баллов	Выполнение теста на 9-10 баллов	Выполнение теста на 6-8 баллов	Выполнение теста на 0-5 баллов

	документации с учетом требований ЕСКД					
--	---------------------------------------	--	--	--	--	--

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

Критерии оценки заданий:

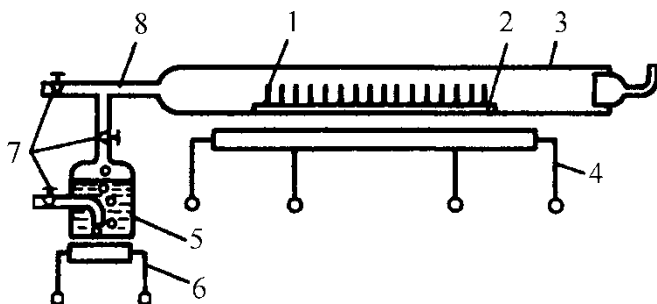
- 4 – задание выполнено верно и дан развернутый ответ
- 3 – задание выполнено верно, но нет подробного описания решения
- 2 – имеются незначительные арифметические или логические погрешности, описки,
- 1 – задание не выполнено, но имеется правильный подход к решению,
- 0 – в остальных случаях.

Методика проведения: проводится в аудитории для практических занятий (во время самостоятельной работы), используется письменный метод контроля, применяется фронтальная форма, время выполнения задания – в течение 30 минут (2 недели), задания выполняются без использования/с использованием справочной литературы и/или средств коммуникации, [результат сообщается на следующий день].

Набор контрольных заданий:

1. Какие технологические процессы используют в микро- и нанотехнологиях электроники?
 - а) физические;
 - б) химические;
 - в) физико-химические.
2. Диффузия – это:
 - а) тепловое движение частиц;
 - б) движение ускоренных электрическим полем ионов;
 - в) обусловленное тепловым движением перемещение частиц в направлении убывания их концентрации;
 - г) движение электронов.
3. Первый закон Фика в одномерном случае имеет вид и определяет соответственно:
 - а) $J(x) = -D \cdot N/x$; скорость диффузии атомов одного вещества в другое при постоянном во времени их потоке и неизменном градиенте концентрации;
4. Что понимают под конечным (ограниченным) источником?
 - а) когда поток атомов примеси Q через поверхность пластины все время убывает;
 - б) состояние системы, когда поток атомов примеси через поверхность пластины ($x=0$) отсутствует в любое время;
 - в) когда поток атомов примеси Q возрастает с течением времени.
5. Какова температура проведения диффузии и достаточная точность ее поддержания соответственно при производстве ИМС?
 - а) 1000-1350 °C; $\pm 0,25$ °C;
 - б) 400-500 °C; ± 10 °C;
 - в) 1500-2000 °C; ± 1 °C;
 - г) 100-200 °C; ± 1 °C.

6. Требуется ли отжиг пластин после проведения И. И.? Если «да», то при какой температуре
- а) «да»; 600-800 °С;
 - б) «нет»;
 - в) «да»; 200-300 °С;
 - г) «да»; 1200-1500 °С.
7. При каких характеристиках падающих ионов преобладает ядерное (1), а при каких электронное (2) торможение?
- а) малые энергии и большие атомные номера;
 - б) большие энергии и малые атомные номера;
 - в) большие энергии и большие атомные номера;
 - г) малые энергии и малые атомные номера.
8. Что такое критический угол каналирования?
- а) максимальный угол, при котором возникает эффект каналирования;
 - б) максимальный угол, при котором исчезает направляющее действие атомов мишени;
 - в) угол, при котором канал покидают 50% ионов.
9. Доза аморфизации – это:
- а) доза имплантации, при которой концентрация дефектов равна концентрации внедренных ионов;
10. Какими свойствами обладают слои оксида SiO₂ и нитрида Si₃N₄ кремния?
- а) маскирующими;
 - б) полупроводниковыми;
 - в) диэлектрическими;
 - г) защитными;
 - д) экранирующими;
 - е) термоизолирующими.
11. С помощью каких реакций получают анодный диоксид (1), термический диоксид в сухом (2) и влажном (3) кислороде?
- а) $\text{Si} + \text{O}_2 = \text{SiO}_2$;
 - б) $\text{Si} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2$;
 - в) $\text{Si} + \text{O}_2^- + p^+ = \text{SiO}_2$, где p^+ - положительный заряд от внешнего источника;
600-800°С
 - г) $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4 \rightarrow \text{SiO}_2 + \text{R}$, где R – C₂H₅, CH₃ и др.
кремния, представленной на рис.7.



- а) пластины кремния;
- б) кварцевая лодочка;
- в) труба из оргстекла;
- г) нагреватель;
- д) барботер;
- е) кварцевая труба;
- ж) краны;

з) магистраль;

и) вольфрамовый держатель пластины.

12. В чем заключается сущность вакуумного (I) пиролиза и пиролиза в потоке газа-носителя (II)? В чём их достоинства (1) и недостатки (2)?

а) газ – носитель, проходя через барботер, захватывает пары силана и поступает в камеру;

б) камера откачивается, а пары силана в контролируемый остаточной атмосфере подаются в систему через натекатель;

в) получение наиболее совершенных слоёв;

г) критичность к скорости газа, конструкции держателей пластин и всей системы;

д) зона ламинарного течения силана и газа-носителя меньше зоны постоянной температуры в реакторе;

е) пары силана равномерно распределяются по объёму реактора и дают равномерное охлаждение в зоне с постоянной температурой;

ж) уровень загрязнения снижается до $10^{15} - 10^{16}$ ат/см³;

з) усложнение и удорожание процесса из-за добавления вакуумной системы.

13. Газофазные реакции для получения слоёв Si₃N₄ следующие:

а) $3\text{SiH}_4 + 4\text{NH}_3 \rightarrow \text{Si}_3\text{N}_4 + 12\text{H}_2$;

б) $3\text{Si}\Gamma_4 + 4\text{NH}_3 \rightarrow \text{Si}_3\text{N}_4 + 12\text{H}\Gamma$; где Γ – галогены (Cl, Br, I);

в) $3\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4 + 4\text{NH}_3 \rightarrow \text{Si}_3\text{N}_4 + 12(\text{C}_2\text{H}_5) + 2\text{O}_2$.

14. Используются ли в технологии МДП-ИМС двухслойные структуры SiO₂ - Si₃N₄? Если «да», то как в таких случаях называются ИМС?

а) «да»; МОП (металл-оксид-полупроводник);

б) «нет»;

в) «да» МДНП (металл-диоксид-нитрид-полупроводник);

г) «да» МКОП (металл-комбинированный оксид-полупроводник);

д) «да» МНОП (металл-нитрид-оксид-полупроводник).

15. Есть ли отличия эпитаксиального выращивания от роста кристаллов из раствора или расплава? Если есть, то какие?

а) нет;

б) есть; пленки должны быть монокристаллическими;

в) есть; пленки должны быть поликристаллическими;

г) есть; пленки должны быть аморфными.

16. Какая эпитаксия называется прямой (1), какая обратной (2)?

а) удельное сопротивление слоя ρ_s равно удельному сопротивлению подложки ρ_v ;

б) $\rho_s > \rho_v$;

в) $\rho_s < \rho_v$;

г) $\rho_s \gg \rho_v$;

д) $\rho_s \ll \rho_v$.

17. Какими способами осуществляется легирование при эпитаксии?

а) из твердой фазы, испаряя пятиокись фосфора P₂O₅, элементарный фосфор, оксид бора B₂O₅;

б) из раствора, добавляя к жидкому SiCl₄ летучие примесные соединения PCl₃ или BCl₃;

в) введением отдельным газовым потоком фосфина PH₃ или диборана B₂H₆, разбавленным водородом.

18. Какая температура поддерживается в реакционной камере?

а) 800-1000 °C;

б) 1000-1150 °C;

в) 1150-1300 °C.

19. В чем достоинства (1) и недостатки (2) силанового метода по сравнению с хлоридным?

а) более совершенная структура и лучшие свойства ;

б) чувствительность к качеству поверхности подложки;

в) чувствительность к присутствию следов окислителя;

- г) неэпитаксиальное осаждение частиц кремния.
20. Чему равна скорость роста пленок при вакуумной эпитаксии?
- а) 1 мкм/час или 1 монослой/с;
 - б) 10 мкм/час; 10 монослоев/с;
 - в) 100 мкм/час; 100 монослоев/с.
21. Каким образом вводятся легирующие примеси при жидкостной эпитаксии?
- а) при составлении исходного расплава;
 - б) из отдельных испарителей;
 - в) из источников жидких примесей;
 - г) из газовой фазы.
22. Как классифицируются методы травления по механизму (1) и применяемым средствам (2)?
- а) физические;
 - б) химические;
 - в) физико-химические;
 - г) технологические;
 - д) жидкостные;
 - е) тепловые;
 - ж) сухие;
 - з) лазерные.
23. Какая стадия процесса называется контролирующей?
- а) первая;
 - б) последняя;
 - в) которую тщательно контролируют;
 - г) самая медленная, определяющая скорость процесса.
24. Согласно электрохимической теории полирующее травление протекает по реакциям:
- а) $\text{Si} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{SiO}_2 + 4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
 - б) $\text{Si} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{SiO}_2 + 4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
- $$\text{SiO}_2 + 4\text{HF} \rightarrow \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2\text{O};$$
25. Какие способы жидкостного травления наиболее распространены в промышленности?
- а) ультразвуковое травление;
 - б) инфразвуковое травление;
 - в) химико-динамическое травление;
 - г) анодно-химическое травление;
 - д) анодно-механическое травление;
 - е) кавитационное травление;
 - ж) ионное травление.
26. Укажите реакции травления кремния хлористым водородом (1), тетрахлоридом кремния (2), хлором (3), сероводородом (4), гексафторидом серы (5):
- $$1000^\circ\text{C}$$
- а) $\text{Si (тв)} + \text{Cl (газ)} \rightarrow \text{SiCl}_2\uparrow (\text{газ});$
 - б) $\text{Si (тв)} + \text{SiCl}_4 (\text{газ}) \leftrightarrow \text{SiCl}_2\uparrow (\text{газ});$
 - в) $\text{Si (тв)} + 2\text{H}_2\text{S (газ)} \rightarrow \text{SiS}_2 (\text{тв}) + 2\text{H}_2 (\text{газ});$
 $\text{SiS}_2 (\text{тв}) + \text{Si (тв)} \rightarrow 2\text{SiS (газ)}$
 - г) $4\text{Si (тв)} + 2\text{SF}_6 (\text{газ}) \rightarrow \text{SiS}_2 (\text{тв или жидк}) + 3\text{SiF}_4 (\text{газ});$
 $1150-1250^\circ\text{C}$
 - д) $\text{Si (тв)} + 4\text{HCl (газ)} \rightarrow \text{SiCl}_4\uparrow (\text{газ}) + 2\text{H}_2 (\text{газ}).$
27. В чем состоит метод ионного травления?
- а) во внедрении ионов с энергиями 103 эВ в приповерхностный слой вещества;
 - б) в удалении поверхностного слоя при его бомбардировке ионами инертных газов высокой энергии;
 - в) в удалении поверхностного слоя при его бомбардировке ионами O_2 с энергией 105 эВ.

28. На чем основаны методы из п. 268?

1. Травление происходит в плазме газового р-ряда между анодом и катодом при давлении инертного газа $10,3 \times 10^{-2} - 6,67$ Па;

2. Травление происходит вне плазмы газового ряда лучом ионов, сформированным с помощью магнитного и электрического полей;

3. Основано на введении в плазму химически активных газов – кислорода и водорода.

29. Какую плазму используют для травления кремния и его соединений (1), металлов (2), органических материалов (3)?

а) тетрафторида углерода CF_4 ;

б) гексафторид серы SF_6 ;

в) фреон-12 CF_2Cl_2 ;

г) $\text{CF}_4 + \text{O}_2$;

д) HCl ;

е) O_2 .

30. Какая длина волны соответствует оптической (фотолитографии) (1), рентгеновской (2), электронной (3), ионно-лучевой литографии (4)?

а) 0,05 – 0,1 нм;

б) 0,1 нм;

в) 0,1 – 1 нм;

г) 300 – 400 нм.

31. Фотолитография бывает:

а) контактная;

б) сканирующая;

в) бесконтактная (на микрозоре и проекционная);

г) растровая.

32. Какие бывают фотошаблоны?

а) эталонные;

б) вторичные;

в) промежуточные;

г) мультиплицированные;

д) рабочие.

33. Какие существуют критерии оценки свойств фоторезисторов и как они определяются?

а) чувствительность S – степень полимеризации в зависимости от длительности облучения: $S = 1 / Et$, где E – освещенность; t – время экспозиции;

б) щелочестойкость K – способность противостоять действию кислот: $K = h / x$, где h – глубина травления; x – боковое травление;

в) кислотостойкость K : способность противостоять действию щелочей: $K = h / x$, где h – глубина травления; x – боковое травление;

г) минимальный размер элементов (мкм);

д) разрешающая способность R – число чётко различимых параллельных штрихов, расстояние между которыми равно ширине штриха на 1 мм длины: $R = 1000 \text{ мкм} / 2l$, где l – ширина штриха, мкм.

34. Как проводится сушка фоторезиста?

а) выдержка 30 мин при температуре 50°C в лучах УФ-лампы;

б) сушка 15 мин при температуре $20 \pm 5^\circ\text{C}$;

в) сушка 15 мин при температуре $20 \pm 5^\circ\text{C}$, сушка 20 – 60 мин при температуре $100 \pm 10^\circ\text{C}$ в лучах ИК-лампы.

35 Травление оксида кремния осуществляется:

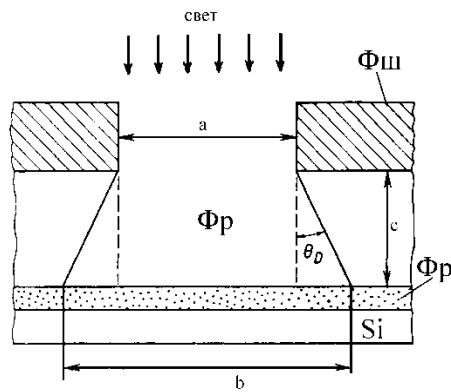
а) $\text{Si} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{SiO}_2 + 4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;

$\text{SiO}_2 + 4\text{HF} \rightarrow \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$;

б) п. 273;

в) в водном растворе HF с солями NH_4F , KF , NaF .

36. Объясните схему фотолитографии на микрозоре:



1 – размер элемента на фотошаблоне;

2 – размер элемента на резисте;

3 – дифракционный угол;

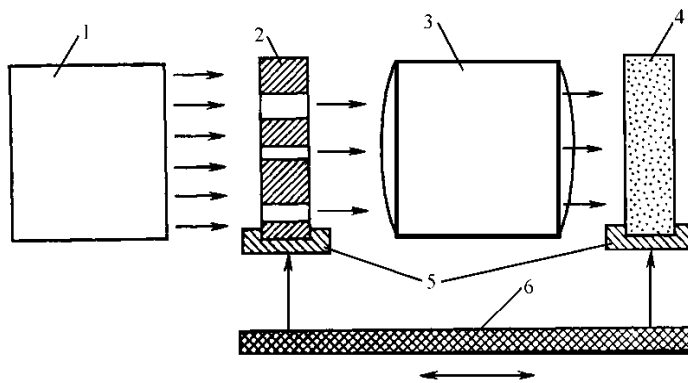
4 – интерференционный угол;

5 – величина зазора;

6 - фотошаблон;

7 – фоторезист;

148. Объясните схему проекционной фотолитографии:



а) источник света;

б) источник света – УФ-излучение;

в) фотошаблон;

г) пластина с фоторезистом;

д) объектив;

е) держатели;

ж) система совмещения;

з) неподвижное основание;

и) система вертикального перемещения.

37. Особенности электролитографии:

а) высокая энергия электронов;

б) топология в масштабе 1:1;

в) возможность безмасочной технологии;

г) отсутствие необходимости проявления.

38. Проекционная электролитография – это:

а) одновременная передача всей топологии шаблона на пластину с электронорезистом;

б) формирование топологических конфигураций с субмикронными размерами на пластине с электронорезистом с помощью фокусированного пучка электронов, сканирующего всю пластину;

в) формирование топологических конфигураций с субмикронными размерами на пластине с электронорезистом с помощью фокусированного пучка электронов, сканирующего всю пластину с длиной волны облучения 50 – 100 нм;

г) одновременная передача всей топологии шаблона на пластину с электронорезистом в уменьшенном или истинном (1:1) масштабе.

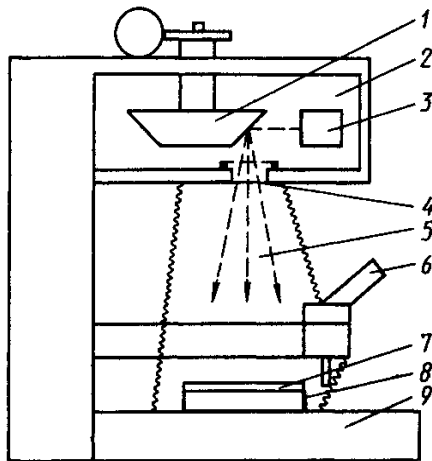
39. Какой процесс называют рентгенолитографией?

а) взаимодействие характеристического рентгеновского излучения с рентгенорезистами, приводящее к увеличению или уменьшению стойкости к проявителям;

б) взаимодействие вторичного рентгеновского излучения с длиной волны 300-400 нм;

в) формирование топологических конфигураций с субмикронными размерами на пластине с рентгенорезистом с помощью сфокусированного пучка рентгеновского излучения, сканирующего всю пластину.

40. Объясните схему рентгенолитографии:



а) вращающийся анод;

б) вращающийся катод;

в) вакуумная камера;

г) источник рентгеновского излучения;

д) электронная пушка;

е) окно в бериллиевой фольге;

ж) микроскоп;

з) устройство совмещения;

и) прозрачное окно;

к) магнитная фокусировка;

л) рентгеношаблон;

м) пластина с резистом;

н) пучок электронов;

о) рентгеновские лучи.

41. Сканирующая ионно-лучевая литография реализуется на установках:

а) РЭМ;

б) непосредственного репродуцирования (НПР);

в) ЭЛУ.

42. Какие методы используют для нанесения тонких проводящих, резистивных и диэлектрических пленок?

а) химические;

б) биологические;

в) физические;

г) физико-химические.

43. Метод термовакuumного напыления заключается:

- а) в нагреве вещества в вакууме до температуры, при которой атомы и молекулы отрываются от поверхности, распространяются в пространстве и конденсируются на подложке;
- б) в разрушении катода ионами разреженного газа, в распространении вылетающих с поверхности катода атомов в пространстве и их осаждении на подложке;
- в) в разрушении специальной мишени ионами плазмы газового разряда, в распространении вылетающих с поверхности катода атомов в пространстве и их осаждении на подложке.

44. Как зависит длина свободного пробега от степени вакуума?

- а) не зависит;
- б) возрастает;
- в) убывает.

45. От каких факторов зависят структура и свойства тонких пленок?

- а) п. 339;
- б) природа испаряемого вещества;
- в) структура испаряемого вещества и ее соответствие структуре подложки;
- г) природа подложки;
- д) степень ее очистки;
- е) температура подложки;
- ж) угла падения атомов на подложку;
- з) толщина пленки.

46. Достоинства (1) и недостатки (2) метода термовакuumного напыления:

- а) наиболее освоенный;
- б) простота;
- в) высокие скорости осаждения;
- г) дорогое оборудование;
- д) минимальные загрязнения;
- е) неоднородный химический состав;
- ж) не очень хорошая адгезия;
- з) недостаточная стабильность пленок.

47. Преимущества (1) и недостатки (2) катодного распыления по сравнению с термовакuumным напылением:

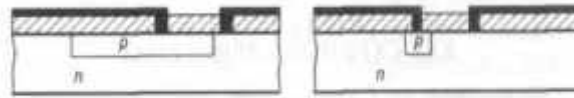
- а) большая площадь пленок;
- б) лучшая равномерность толщины;
- в) постоянный химический состав;
- г) простота;
- д) недорогое оборудование;
- е) пленки из тугоплавких материалов;
- ж) хорошая адгезия;
- з) сложность контроля процесса;
- и) низкая скорость роста;

- 1. к) загрязненность пленок.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. 54.В нанoeлектронике размеры элементов :
2. а) 1нКМ;
3. б) 100нКм;
4. в) менее 100нМ;
5. г) 0,1нМ
6. 55.На рисунке представлена структурная и топологическая схема:

7. 1) резистора;
8. 2) диода;
9. 3) конденсатора.



а)

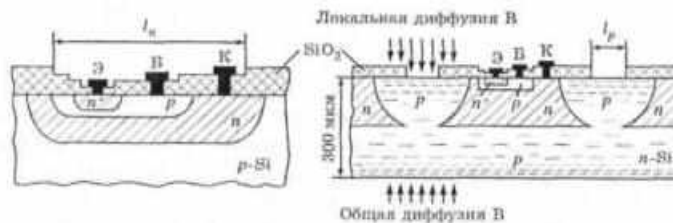
б)

10.



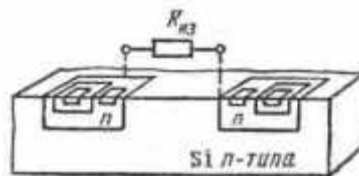
в)

11. 56.Элементы биополярных ИМС изолируют:
12. а) прямосмещеннымр-п переходом;
13. б) обратносмещеннымр-п переходом;
14. в) диэлектрической изоляцией;
15. г) металлической изоляцией;
16. д) комбинированной изоляцией.
17. 57.Укажите структуры планарно- диффузионных технологий полученные методами:
18. 1) тройной встречной диффузии;
19. 2) с резистивной изоляцией;
20. 3) трёх фотошаблонов.

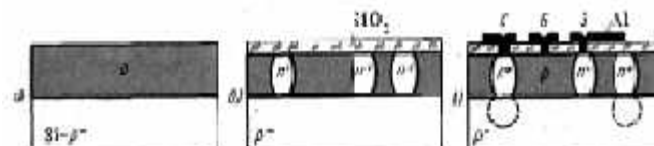


а)

21.



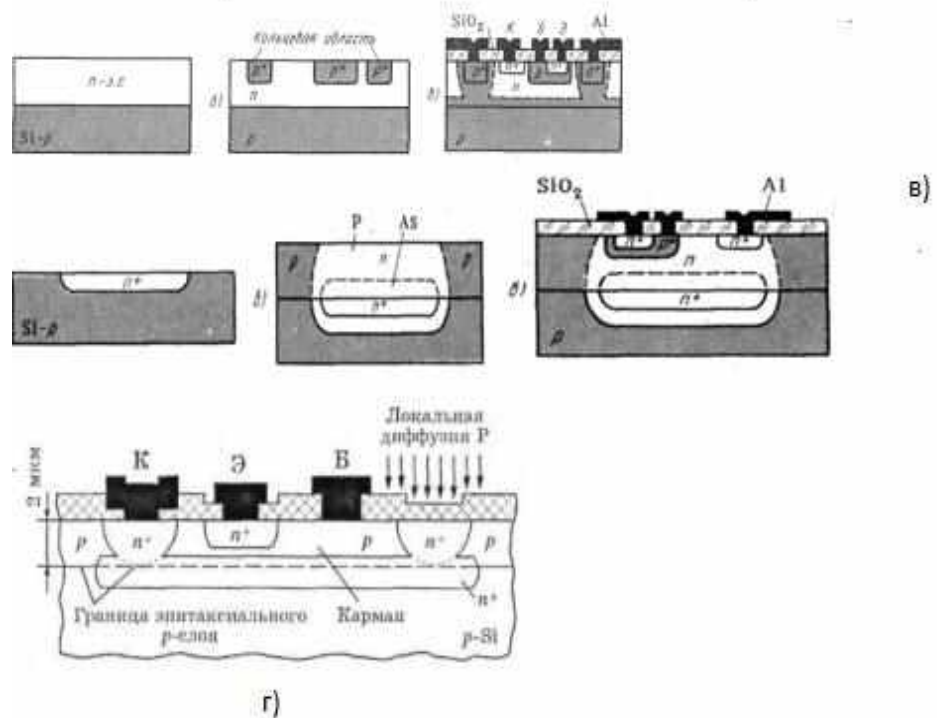
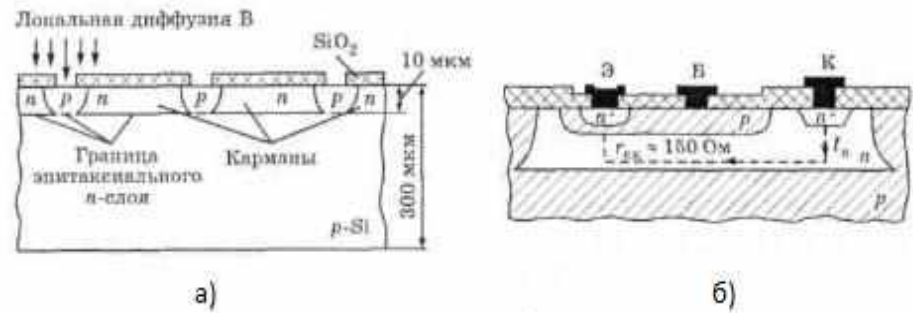
б)



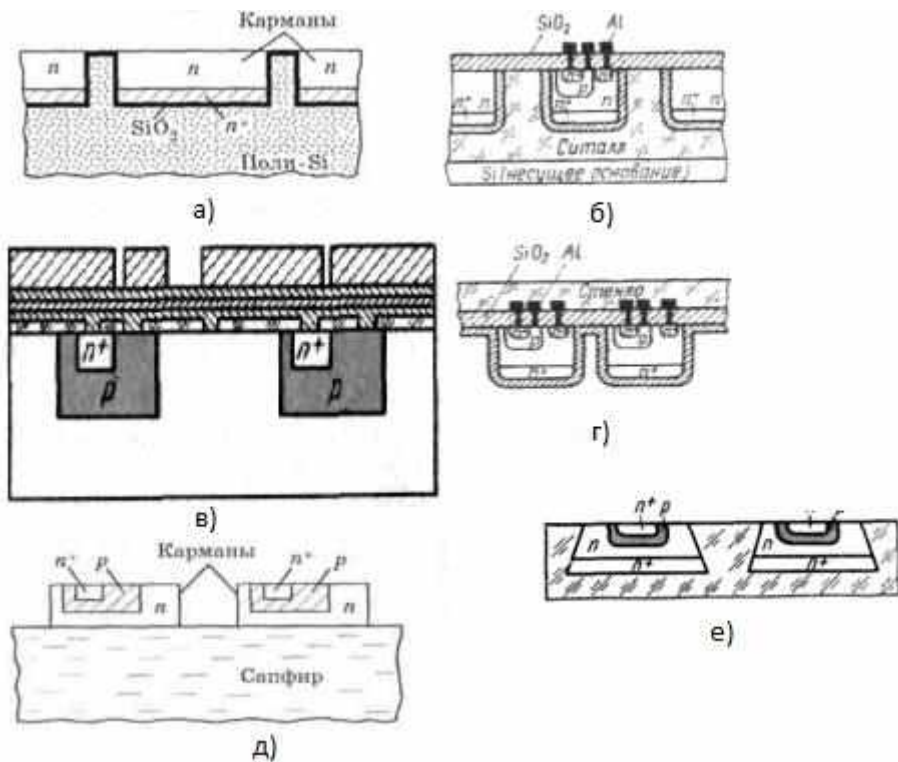
в)

- 22.
- 23.
24. 58.Приведите структуры планарно- эпитаксиальной технологии с изоляцией р-п переходами:
25. 1) разделительная или изолирующая диффузия;
26. 2) n-p-n транзистор;

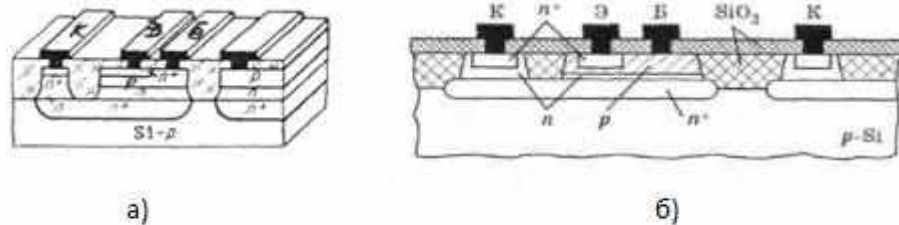
27. 3) коллекторная диффузия;
28. 4 двойная диффузия;



29. 59. Приведите структуры планарно-эпитаксиальной технологии с диэлектрической изоляцией:
30. 1) эпоксидный процесс;
31. 2) КВД-технология;
32. 3) декаль-метод;
33. 4) КНС-технологии;
34. 5) ДИАК-метод.
35.



36.
37. 60. Привидите структуры ИМС с комбинированной изоляцией
38. 1) изолятор 1;
39. 2) изолятор 2;
40. 3) полипланар;
41. 4) эпикипланар;
42. 5) изоляция U образными канавками.



43.
44.
45.
46.
47.
48.
49. 61. Биполярные технологии изготовления БИС и СБИС:
50. а) изолятор I;
51. б) изолятор S;
52. в) ППК;
53. г) КИД- усовершенствованная;
54. д) полипланар;
55. е) И2Л;
56. ж) ИЗЛ;
57. з) И5Л;
58. и) ИШЛ;
59. к) ПСС;
60.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Какая кнопка в CAD Creo предназначена для вычерчивания касательных линий ? 1 ;

2 ; 3 ; 4 .

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

Какая кнопка в CAD Creo предназначена для вычерчивания осевых линий ? 1 ;

2 ; 3 ; 4 .

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

Какая кнопка в CAD Creo предназначена для задания размеров ?

1 ; 2 ; 3 ; 4 .

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

Какая кнопка в CAD Creo предназначена для установки симметричности ?

1 ; 2 ; 3 ; 4 .

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

Какая кнопка в CAD Creo предназначена для установки закрепления совмещения точек ?

1 ; 2 ; 3 ; 4 .

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

Какая кнопка в CAD Creo предназначена для установки точки в середине отрезка или дуги ?

1 ; 2 ; 3 ; 4 .

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

Какая кнопка в CAD Creo предназначена для установки касательной к объекту ?

1  ; 2  ; 3  ; 4 .

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

Какая кнопка в CAD Creo предназначена для установки параллельности объектов ?

1  ; 2  ; 3  ; 4 .

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

Какая кнопка в CAD Creo предназначена для установки равных параметров объектов ?

1  ; 2  ; 3  ; 4 .

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

Какая кнопка в CAD Creo предназначена для удаления сегмента на объекте?

1  ; 2  ; 3  ; 4 .

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Какие вещества называют особо чистыми?
2. Каковы основные преимущества метода зонной плавки перед другими способами очистки материалов?
3. Какие требования предъявляют к параметрам полупроводниковых пластин?
4. Как определяют ориентацию базового и дополнительного срезов и как их изготавливают?
5. Какие материалы используют для изготовления отрезных дисков с внутренней режущей кромкой?
6. Какие абразивные порошки и суспензии используют для шлифовки?
7. Как производят отмывку пластин растворителями, кислотами, щелочами и водой?
8. Какие виды загрязнений на поверхности полупроводниковых пластин вы знаете?
9. Какие травители применяют для селективного травления поверхности полупроводниковых пластин?

10. Зачем и как осуществляют газовое предэпитаксиальное травление поверхности кремниевых пластин?
11. Какие элементы ИМС и слои какого назначения формируют методом диффузии?
12. При каких температурах проводят двухстадийную диффузию?
13. Какие параметры диффузионных слоев контролируют и каким образом?
14. Как измеряют глубину залегания р-п-перехода?
15. Какие разновидности термического окисления применяют на производстве?
16. Какие существуют способы нанесения поликристаллических пленок кремния?
17. Какими методами измеряют толщину диэлектрических и поликремниевых пленок?
18. Какие способы легирования эпитаксиальных слоев применяют на производстве?
19. Каковы достоинства и недостатки существующих способов формирования эпитаксиальных слоев?
20. Какие методы вакуумного осаждения тонких пленок наиболее эффективны для получения проводящих, изолирующих и резистивных слоев?
21. Какова связь между энергией частицы, осаждаемой в вакууме, и величиной адгезии?
22. Что такое реактивное и ВЧ-магнетронное распыление?
23. Какие недостатки у применяемых методов нанесения тонких пленок?
24. Дайте определение окислительно-восстановительной реакции. Приведите пример.
25. Какие существуют механизмы для активизации процесса химической реакции?
26. Каковы особенности и основные параметры позитивных и негативных фоторезистов?
27. Каковы основные виды брака при вытравливании рельефа?
28. Каковы методы изготовления фотошаблонов?
29. Какие источники излучения применяют в рентгенолитографии?
30. Как осуществляют контроль качества лазерного скрайбирования и дисковой резки?
31. Какова последовательность выполнения операций при сборке ИМС?
32. Какими методами присоединяют электродные выводы и какие их достоинства и недостатки?
33. Каковы достоинства и недостатки различных методов контроля качества сварных и паяных соединений?
34. Рассчитать диффузионный путь атома за сутки, если $D=10^{-12}$ м²/с или $D=10^{-7}$ м²/с.
35. Пользуясь уравнением Аррениуса, рассчитать значения коэффициентов диффузии при различных температурах: углерода в гамма-железе при 900°C ($D_0 = 10^{-5}$ м²/с, $E = 137$ кДж/моль); цинка в меди при 770°C ($D_0 = 3,4 \cdot 10^{-5}$ м²/с, $E = 191$ кДж/моль); меди в алюминии при 20°C ($D_0 = 1,5 \cdot 10^{-5}$ м²/с, $E = 126$ кДж/моль); серебра в меди при 200°C ($D = 2 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $E = 161$ кДж/моль).
36. Какие методы электрической изоляции элементов ИМС Вы знаете?
37. В чем заключаются биполярные технологии БИС, СБИС и совмещенных ИМС?
38. Какова технология изготовления транзистора с барьером Шоттки?
39. Каковы технологические особенности изготовления быстродействующих транзисторов с уменьшенными размерами элементов?
40. Каковы технологии изготовления интегральных диодов, резисторов, конденсаторов?
41. Расскажите об устройстве и технологии изготовления МДП-конденсаторов.
42. Объясните технологию двойной диффузии.
43. В чём разница между Н- и V-МДП технологиями?
44. Какие проблемы создания субмикронных МДП-структур (СММДПС) Вы знаете?
45. Как формируются сток-источковые области СММДПС?
46. Как формируется биполярно-полевая структура с биполярным и V-ПТУП-транзистором?

47. Приведите и объясните структуры биполярно-полевой каскадной схемы и схемы с высоким быстродействием.
48. Приведите структуры и технологию получения диодов на основе полупроводников $A^{III}B^V$.
49. Расскажите о проблемах перехода от микро- к нанотехнологии.
50. Какие технологические схемы получения фуллеренов и фуллеритов Вы знаете?
51. Как происходит самоорганизация и самосборка наноструктур?
52. По каким схемам синтезируются органические проводники полупроводники? Какова их структура?
53. Как осуществляется газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений? Приведите схему установки.
54. Что представляет собой искусственное наноформирование? Как происходит самоорганизация при эпитаксии?
55. Каковы возможности эллионных методов нанолитографии в нанoeлектронике?
56. Расскажите о процессах травления в нанотехнологии.
57. В чем сущность ионно-лучевого и лазерного перемешивания?
58. Объясните устройство и принцип действия сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) и сканирующего атомно-силового микроскопа (АСМ).
59. Что такое СТМ-литография?
60. На чем основаны спектроскопические методы исследования химического состава наноструктур: масс-, оже-, электронная-, фотоэлектронная-, радиоспектроскопия.
61. Что представляет собой просвечивающая и растровая электронная микроскопия?
62. Расскажите о проблемах перехода от микроэлектроники к нанотехнологиям, от микрокомпонентов к нанокomпонентам.
63. Какие объекты называются квантовыми точками и квантовыми проволоками?
64. Какие материалы называют ферромагнитными полупроводниками?
65. Что такое резонансно-туннельный эффект? Объясните устройство и принцип и принцип резонансно-туннельный диода.
66. Расскажите о молекулах-диодах, молекулах-транзисторах, молекулярных ИМС.
67. Объясните устройство и принцип действия транзисторов на индуцированных квантовых точках и проволоках.
68. Какова структура и принцип действия кремневых нанотранзисторов: КНИ- транзисторов и транзисторов с двойным затвором?
69. Какие устройства квантовой и оптической нанoeлектроники вы знаете?
70. Какова структура и принцип работы фотоприёмников на квантовых точках?

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Итоговой формой контроля знаний, умений и навыков в 1 семестре по дисциплине является экзамен. Вопросы предполагают контроль общих методических знаний и умений, способность студентов проиллюстрировать их примерами, индивидуальными материалами, составленными студентами в течение семестра. Каждый студент имеет право воспользоваться лекционными материалами, методическими разработками.

Критерии оценки по дисциплине

При выявлении уровня знаний, умений, навыков, опыта деятельности по дисциплине применяется рейтинговая технология:

- по виду деятельности студента – учебный рейтинг;
- по периоду – семестровый рейтинг;
- по объёму учебной информации – рейтинг освоения ООП по учебной дисциплине;

- по способу расчёта – накопительный рейтинг.
- Оценка знаний студентов производится по следующим критериям.
- участие в лекциях и лабораторных занятиях 18 баллов;
- оценка по результатам тестирования, 12 баллов
- своевременная защита лабораторных работ, 12 баллов
- Всего: 42 балла

Оценка при проведении зачета выставляется согласно следующей таблице.

Итоговый балл	0÷19	20÷29	30÷34	35÷42
Оценка	Неудовл	Удовл	Хорошо	Отлично

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Введение	УК-4	Тест, экзамен, устный опрос, КР
2	Маршрут проектирования РЭС спецназначения	УК-4	Тест, экзамен, устный опрос, КР
3	САПР для проектирования РЭС спецназначения	УК-4	Тест, экзамен, устный опрос, КР
4	Применение САЕ для создания РЭС спецназначения	ОПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, КР
5	Вопросы оптимизации конструкции	ОПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, КР
6	ИПИ системы.	ОПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, КР

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

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

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на

бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, 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

Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания	Обеспеченность
Основная литература				
1	Бадаев, А.С., Балашов, А.С.	Современные технологические процессы изготовления биполярных и полевых структур [текст]: учеб. пособие [электронный ресурс] / А.С. Бадаев, Ю.С. Балашов. – «Воронеж»: «Воронежский Государственный Технический Университет» 2012 - 312 с. – электрон. опт. диск.	2012	
2	Старостин, В.В.	Материалы и методы нанотехнологий [текст]: учеб. пособие. [электронный ресурс] / В.В. Старостин – 3-изд. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 431 с.	2012	
3	Шишкин Г.Г., Агеев И.Н.	Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства [текст]: учеб. пособие [электронный ресурс] / Г.Г. Шишкин, А.М. Агеев – 2-е издание. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012 – 408 с	2012	
Дополнительная литература				
1	Раскин, А.А., Прокофьев, В.К.	Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники [текст]: учеб. пособие [электронный ресурс] / А.А. Раскин,	2012	

		В.К. Прокофьев – 2-е изд. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – Ч.1. – 164 с.		
2	Рощин, В.М., Силибин, М.В.	Технология материалов микро-, опто- и нано-электроники [текст]: учеб. пособие [электронный ресурс] / В.М. Рощин, М.В. Силибин – 2-е изд. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – Ч.2. – 180 с.	2012	
Методические разработки				
1	Бадаев, А.С., Борисов В.И.	Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-4 по дисциплинам «Микро- и нанотехнологии производства электронных средств» для магистров направления 211000.68 «Конструирование и технология электронных средств» (программа подготовки «Информационные технологии проектирования электронных средств, выполненных по субмикронной технологии») и «Физико-химические основы технологии электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский Государственный Технический Университет»; сост. А.С. Бадаев, В.И. Борисов. Воронеж, 2012, 56 с.		

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

ПО: windows, open office, Acrobat reader, Internet Explorer.

Современная профессиональная база данных

Mathnet.ru, t-library.ru

Информационные справочные системы

allcomponents.ru, promelec.ru, Wikipedia

<http://eios.vorstu.ru/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная видеопроектором с экраном и пособиями по профилю.

Компьютерный класс, оснащенный ПЭВМ с установленным программным обеспечением, ауд. 230б/3, 226/3, 234/3.

Видеопроектор с экраном в ауд. 234/3.

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

По дисциплине «Микро и нанотехнологии производства электронных средств» читаются лекции, проводятся лабораторные занятия, выполняется курсовой проект.

Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. Это – одна из важнейших форм учебного процесса и один из основных методов преподавания в вузе. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в эго тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. В качестве ценного совета рекомендуется записывать не каждое слово лектора (иначе можно потерять мысль и начать писать автоматически, не вникая в смысл), а постараться понять основную мысль лектора, а затем записать, используя понятные сокращения.

- Лабораторные занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических 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 студентов способствует глубокому усвоения 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;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к экзамену.

Кроме базовых учебников рекомендуется самостоятельно использовать имеющиеся в библиотеке учебно-методические пособия. Независимо от вида

учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

При ознакомлении с каким-либо разделом рекомендуется прочитать его целиком, стараясь уловить общую логику изложения темы. При повторном чтении хорошо акцентировать внимание на ключевых вопросах и основных формулах. Можно составить их краткий конспект.

Степень усвоения материала проверяется следующими видами контроля:

- текущий (опрос, обсуждение конструкторских вопросов);
- промежуточный (курсовая работа, экзамен).

Экзамен – форма итоговой проверки знаний студентов.

Для успешной сдачи экзамена необходимо выполнить следующие рекомендации –готовиться к экзамену следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до экзамена. Данные перед экзаменом три-четыре дня эффективнее всего использовать для повторения.

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.
Лабораторные занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Выполнение моделирования механических характеристик конструкций радиоэлектронных средств. Оптимизация конструкций.
Подготовка к экзамену	При подготовке к зачету и экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на лабораторных занятиях.

АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины
«Микро и нанотехнологии производства электронных средств»

Направление подготовки (специальность) 11.04.03 – Конструирование и технология электронных средств

Магистерская программа Автоматизированное проектирование и технология радиоэлектронных средств специального назначения

Квалификация выпускника Магистр

Нормативный период обучения 2 года/ 2года 3 месяца

Форма обучения Очная / Заочная

Год начала подготовки 2019 г.

Цель изучения дисциплины: Целью освоения дисциплины «Микро и нанотехнологии производства электронных средств» является получение студентами знаний и навыков об особенностях процесса проектирования и эксплуатации современных РЭС спецназначения.

Формирование знаний в областях изучения:

Задачи изучения дисциплины:

Освоение методологии и теоретическое изучение возможностей методов современного сквозного проектирования РЭС с применением САПР, а также освоение технологий поддержки жизненного цикла изделий (ИПИ). Приобретение навыков инженерного анализа конструкций РЭС в современных САПР. Проведение машинного эксперимента.

Перечень формируемых компетенций:

УК-4 - способностью проектировать модули, блоки, системы и комплексы электронных средств с учетом заданных требований;

ОПК-3 - способностью разрабатывать проектно-конструкторскую документацию на конструкции электронных средств в соответствии с методическими и нормативными требованиями

Общая трудоемкость дисциплины ЗЕТ: 5 з.е.

Форма итогового контроля по дисциплине: экзамен
(зачет, зачет с оценкой, экзамен)