

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт физики

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института физики

С.Б. Вениг

" 01 " 09 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

**Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ**

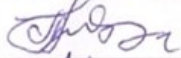
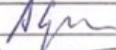
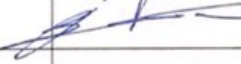
Направление подготовки бакалавриата  
09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль подготовки бакалавриата  
«Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Терин Д.В.		01.09.2021
Председатель НМК	Скрипаль Ан.В.		01.09.2021
Заведующий кафедрой	Вениг С.Б.		01.09.2021
Специалист Учебного управления			

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплин «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» является формирование у студентов по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» профиля «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» комплекса профессиональных знаний и умений и усвоение физических основ технологии твердотельных структур, интегральных схем, а также базовых принципов производства и конструирования ЭВМ.

Задачами изучения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о физической природе полупроводников и тех ее важнейших аспектах, которые непосредственно касаются возможности практической реализации полупроводниковых структур, применяемых в приборах и устройствах твердотельной электроники и микро- и нанoeлектроники в части систем автоматизированного проектирования и информационной поддержки изделий;
- формирование знаний и умений теоретически исследовать физические процессы, протекающие в структурах полупроводниковых приборов и интегральных схем непосредственно в процессе их производства в части систем автоматизированного проектирования и информационной поддержки изделий;
- приобретение навыков расчета параметров и характеристик полупроводниковых схем в части систем автоматизированного проектирования и информационной поддержки изделий;
- формирование знаний практического использования полупроводниковых электронных приборов и интегральных схем в радиоэлектронной аппаратуре различного функционального назначения в части систем автоматизированного проектирования и информационной поддержки изделий.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» базируется на том, что область профессиональной деятельности бакалавров направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» по профилю «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» включает разработку, исследование, модификацию и использование программного обеспечения компьютерных вычислительных систем, автоматизированных систем обработки информации и управления.

Дисциплина «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)» и изучается студентами очной формы обучения факультета компьютерных наук и информационных технологий СГУ, обучающимися по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» и профилю «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» в 7 семестре.

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате изучения дисциплин «Математический анализ», «Алгебра и геометрия», «Теория вероятностей, математическая статистика и слу-

чайные процессы», «Физика», «Электротехника, электроника и схемотехника ЭВМ», «Информационные технологии и программирование».

### 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.</p>	<p>УК-1.1. Знать: принципы сбора, отбора и обобщения информации.                      УК-1.2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.                      УК-1.3. Владеть: приемами работы с информационными источниками, научного поиска, создания научных текстов.</p>	<p>знать: и понимать взаимодействия материалов с окружающей средой, растворами, полями, энергетическими частицами и излучением, физические процессы в материалах с учетом влияния микро- и наномасштаба, процессы получения и особенности создания микро- и наноструктур, основные принципы контроля и оптимизации технологических процессов производства ЭВМ;                      уметь: применять знания, полученные в ходе изучения фундаментальных дисциплин в части разработки технических заданий на оснащение отделов, лабораторий, офисов компьютерным и сетевым оборудованием;                      владеть: методами экспериментального бизнес-анализа для разработки бизнес-планов по оснащению отделов, лабораторий, офисов компьютерным и сетевым оборудованием.</p>
<p>УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.</p>	<p>УК-2.1. Знать: необходимые для осуществления профессиональной деятельности правовые нормы.                      УК-2.2. Уметь: определять круг задач в рамках избранных видов профессиональной деятельности, планировать собственную деятельность исходя из имеющихся ресурсов; соотносить главное и второстепенное, решать поставленные задачи в рамках избранных видов профессиональной деятельности.                      УК-2.3. Владеть: Навыками применения нормативной базы и решения задач в области избранных видов профессиональной дея-</p>	<p>знать: основные информационные технологии; современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий, включая микро-и нано-электронику;                      уметь: моделировать производственные ситуации и разрабатывать варианты решений; классифицировать характеристики, параметры и применимость изделий и приборов электроники в части технических систем и технологий;                      владеть: методами защиты информации и методами прогнозирования надежности приборов и диагностики в части технических систем и технологий.</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
	тельности.	
<b>ПК-3.</b> Способен интегрировать аппаратные и программные средства в составе информационных и автоматизированных систем.	<p>ПК-3.1. Знать: интерфейсы взаимодействия внутренних модулей системы</p> <p>ПК-3.2. Уметь: писать программный код процедур интеграции программных модулей</p> <p>ПК-3.3. Владеть: навыками использования выбранной среды программирования для разработки процедур интеграции программных модулей.</p>	<p>знать: интерфейсы взаимодействия внутренних модулей системы</p> <p>уметь: писать программный код процедур интеграции программных модулей</p> <p>владеть: навыками использования выбранной среды программирования для разработки процедур интеграции программных модулей.</p>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Лек	Лабораторные общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка	Пр	СРС	Формы текущего контроля успеваемости ( <i>по неделям семестра</i> ) Формы промежуточной аттестации
1.	Введение. Процессы проектирования средств вычислительной техники (СВТ). Производство СВТ. Виды производственных процессов. Основы модульного конструирования СВТ. Конструктивные модули (КМ) первого уровня. Стандартизация СВТ. Оформление конструкторской документации по ЕСКД и ЕСПД			2	2	-	-	2	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабораторных работ

№ п/п	Раздел дисциплины	Се-местр	Неделя се-местра	Лек	Лабо-раторные общая трудо-ем-кость	Из них – прак-тиче-ская подго-товка	Пр	СРС	Формы текущего контроля успева-емости ( <i>по неде-лям семестра</i> ) Формы промежу-точной аттеста-ции
2.	Интегральные схемы. Основные принципы и особенности производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Классификация и характеристика материалов электронной техники. Основные принципы и особенности производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем			2	2	-	-	2	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ
3.	Основные технологиче-ские операции. Констру-ирование и технология биполярных и МОП ИС. Методы получения ваку-ума. Получение моно-кристаллов и пленок. Металлические пленки. Диэлектрические плен-ки.			2	2	-	-	4	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ
4.	Основные технологиче-ские операции. Литогра-фия			2	2	-	-	4	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ
5.	Основные технологиче-ские операции. Диффу-зия			2	2	-	-	4	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ
6.	Основные технологиче-ские операции. Ионная имплантация			2	2	-	-	4	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ
7.	Большие и сверх боль-шие ИС. Организация процесса проектирова-ния. Сборка ИС.			2	2	4	-	4	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ
8	Перспективные техноло-гические методы и их использование в произ-водстве интегральных микросхем. Моделиро-вание технологических процессов			2	2	2	-	4	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ

№ п/п	Раздел дисциплины	Се-местр	Неделя се-местра	Лек	Лабора-торные общая трудо-ем-кость	Из них – прак-тиче-ская подго-товка	Пр	СРС	Формы текущего контроля успева-емости ( <i>по неде-лям семестра</i> ) Формы промежу-точной аттеста-ции
9.	Пределные задачи микро- и наноэлектроники. Интегральные микро-схемы			2	2	2	-	4	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ
10.	Иерархический принцип конструирования ЭВА. Иерархические уровни ЭВА. Задачи конструи-рования печатных плат. Основные виды печат-ных плат и особенности их конструкций. Авто-матизация конструктор-ско-технологического этапа проектирования СВТ.			2	2	-	-	4	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ
11.	Типовые процессы изготов-ления печатных плат. Тенденции совершен-ствования конструкций и технологии печатных плат. Современные тех-нологические процессы изготовления печатных плат (основные типы плат, методы получения печатных полупровод-ников).			2	2	-	-	4	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ
12.	Особенности разработки и проектирования ЭВМ. Методы и средства совме-стной отладки аппара-тных и программных средств. КМ третьего и четвертого уровней.			2	2	-	-	4	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ
13.	Методы выполнения электрических соедине-ний. Прочность и техно-логичность конструкции. Конструкторско-технологическое обеспе-чение надежности СВТ.			2	2	-	-	4	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ

№ п/п	Раздел дисциплины	Се-местр	Неделя се-местра	Лек	Лабора-торные общая трудо-ем-кость	Из них – прак-тиче-ская подго-товка	Пр	СРС	Формы текущего контроля успева-емости ( <i>по неде-лям семестра</i> ) Формы промежу-точной аттеста-ции
14.	Защита конструкций ЭВА от внешних воздействий. Обеспечение помехоустойчивости и тепловых режимов в конструкциях СВТ.			2	2	-	-	4	Опрос и решение задач, в ходе лекций. лабора-торных работ, доклад, <b>кон-трольная работа</b>
	<b>Промежуточная аттестация</b>								<b>зачет</b>
	<b>Всего:</b>			<b>28</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>52</b>	
	<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>			<b>108</b>					

### Содержание дисциплины

1. Введение. Процессы проектирования средств вычислительной техники (СВТ). Производство СВТ. Виды производственных процессов. Основы модульного конструирования СВТ. Конструктивные модули (КМ) первого уровня. Стандартизация СВТ. Оформление конструкторской документации по ЕСКД и ЕСПД.

2. Интегральные схемы. Основные принципы и особенности производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Классификация и характеристика материалов электронной техники Основные принципы и особенности производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. . Классификация и характеристика материалов электронной техники. Чистые вещества. Термодинамическая и техническая классификация. Характеристика методов очистки. Кристаллизационные методы очистки.

3. Основные технологические операции. Конструирование и технология биполярных и МОП ИС. Методы получения вакуума. Получение монокристаллов и пленок. Металлические пленки. Диэлектрические пленки.

Методы получения вакуума. Понятие о вакууме и давлении. Газовые законы. Пар и газ. Средняя длина свободного пробега. Понятие о степенях вакуума. Механические методы получения вакуума. Механические вакуумные насосы. Принцип действия, конструкции и параметры механических вращательных насосов. Принцип действия, конструкции и параметры диффузионных насосов (пароструйный, паромасляный и парортутный). Принцип действия, конструкции и параметры молекулярных насосов. Общая схема вакуумной системы. Остаточные газы

Элементы теории формообразования, роста кристаллов и пленок. Методы получения монокристаллов и пленок. Аморфные материалы. Легирование. Физико-химические принципы. Однородно-легированные монокристаллы и пленки. Эпитаксия. Гомо- и гетероэпитаксия. Механизмы и методы. Дефекты эпи-

таксиальных пленок. Методы получения и обработки полупроводниковых пластин: механические, химические, плазмохимические. Нарушенный слой. Чистота поверхности. Марки полупроводниковых пластин и структур.

Металлические пленки. Требования к металлизации. Системы металлизации. Способы формирования и свойства металлических слоев. Многоуровневая разводка ИС.

Диэлектрические пленки. Способы формирования слоев. Механизмы и кинетика окисления. Свойства окисных пленок. Другие диэлектрические пленки. Граница раздела полупроводник – диэлектрик. Стабилизация поверхности.

4. Основные технологические операции. Литография.

Физико-химические основы методов фотолитографии, рентгенолитографии, электролитографии. Характеристика операций процессов литографии. Резисты. Шаблоны. Субмикронная литография.

5. Основные технологические операции. Диффузия.

Механизмы и математическое описание процессов термодиффузии. Стимулированная диффузия. Электродиффузия. Распределение примеси в реальных диффузионных структурах.

6. Основные технологические операции. Ионная имплантация.

Основы теории процессов ионного внедрения. Пробег и дисперсия пробегов ионов. Радиационные нарушения и способы отжига.

7. Большие и сверхбольшие ИС. Организация процесса проектирования. Сборка ИС. Перспективные технологические методы и их использование в производстве интегральных микросхем. Моделирование технологических процессов.

Радиационная технология. Силицидная технология. Сухие методы обработки. Стимулированные процессы. Объемно интегрированные ИС. Замкнутые технологические циклы.

Основные принципы контроля и оптимизации технологических процессов.

8. Предельные задачи микро- и нанoeлектроники. Интегральные микросхемы.

Основные случайные факторы и их влияние на размеры элементов. Основные регулярные факторы. (Скейлинг, минимальное энергопотребление и время переключения. Функциональное быстродействие и производительность ИС. Оценка минимального размера и максимального быстродействия.) Биполярный транзистор в ИС (Планарно-эпитаксиальный биполярный транзистор в ИС и паразитные элементы. БТ ИС с комбинированной изоляцией, Структуры БТ ИС на основе технологии КНИ). МДП транзистор (МДП и КМДП в логических схемах. Основные направления совершенствования. Элементы памяти).

Способы изоляции элементов биполярных ИС. Технологические схемы изготовления монолитной совмещенной и гибридной ИС. Самосовмещение.

9. Иерархический принцип конструирования ЭВА. Иерархические уровни ЭВА. Задачи конструирования печатных плат. Основные виды печатных плат и особенности их конструкций. Автоматизация конструкторско-технологического этапа проектирования СВТ.



КМ второго уровня.

Особенности конструктивной иерархии ЭВМ. Уровни конструктивной иерархии ЭВМ. Примеры организации иерархии в конструкциях ЭВМ. Принципы иерархического конструирования. Моносхемный принцип конструирования. Схемно-узловой принцип конструирования. Каскадно-узловой принцип конструирования. Функционально-узловой принцип конструирования. Модульный принцип конструирования. Конструирование элементов 1 и 2 уровня иерархии. Проектирование и расчет печатных плат. Задачи конструирования печатных плат. Основные виды печатных плат и особенности их конструкций. Типы печатных плат. Односторонние печатные платы. Двухсторонние печатные платы. Многослойные печатные платы. Размеры печатных плат. Точность печатных плат. Расчет электрических параметров ПП. Сопротивление проводника. Постоянный ток в проводниках. Падение напряжения на печатных проводниках. Переменный ток в печатных проводниках. Емкости. Автоматизация проектирования печатных плат. Основные правила конструирования ПП. Конструкционные материалы, применяемые для изготовления печатных плат. Материалы для производства ТЭЗ. Способы формирования рисунка и создания токопроводящего покрытия в печатных платах.

10. Типовые процессы изготовления печатных плат. Тенденции совершенствования конструкций и технологии печатных плат. Современные технологические процессы изготовления печатных плат (основные типы плат, методы получения печатных полупроводников).

Входной контроль материалов. Подготовка поверхности заготовки. Получение защитного рисунка. Химическое меднение. Гальваническая металлизация. Травление меди. Обработка монтажных отверстий. Обработка заготовок по контуру. Выходной контроль платы. Изготовление МПП. Тенденции совершенствования конструкций и технологии печатных плат. Получение рисунка печатной платы. Фотопечать. Фотошаблон рисунка печатной платы. Оригинал рисунка печатной платы. Вычерчивание оригинала печатной платы. Трафаретная печать (сеткографический метод). Химические и гальванические процессы изготовления печатных плат. Подготовка поверхности. Сенсбилизация (повышение чувствительности к меди). Гальваническое осаждение. Травление. Травление набрызгиванием. Струйное травление. Типовые технологические процессы изготовления печатных плат. Субтрактивный процесс. Полуаддитивный процесс. Химический метод, или метод травления фольгированного диэлектрика. Комбинированный позитивный метод. Электрохимический (полуаддитивный) метод. Метод металлизации сквозных отверстий. Метод металлизации сквозных отверстий с внутренними переходами. Современные технологические процессы изготовления печатных плат. Методы изготовления проводящих слоев печатных плат. Основные операции химического негативного метода. Основные операции химического позитивного метода. Основные операции изготовления ОПП на жестком нефольгированном основании. Основные этапы ТП изготовления ДПП на фольгированном основании комбинированным позитивным методом. Основные этапы ТП изготовления ДПП на нефольгированном основании электрохимическим методом. Основные этапы тентинг-метода или метода образования

завесок над отверстиями ПП. Основные операции изготовления ДПП на металлическом основании. Основные этапы ТП изготовления МПП методом металлизации сквозных отверстий МПП, изготовленная методом прессования. Основные операции изготовления МПП с открытыми контактными площадками. Основные операции изготовления МПП с выступающими выводами. Основные операции изготовления МПП, изготовленная методом послойного наращивания. Основные этапы ТП ПАФОС.

11. Особенности разработки и проектирования ЭВМ. Методы и средства совместной отладки аппаратных и программных средств. КМ третьего и четвертого уровней.

12. Методы выполнения электрических соединений. Прочность и технологичность конструкции. Конструкторско-технологическое обеспечение надежности СВТ.

Разработка и отладка аппаратных средств. Разработка и отладка программного обеспечения. Методы и средства совместной отладки аппаратных и программных средств. Внутрисхемный эмулятор. Платы развития. Эмулятор ПЗУ.

13. Защита конструкций ЭВА от внешних воздействий. Обеспечение помехоустойчивости и тепловых режимов в конструкциях СВТ.

Защита конструкций ВТ от внешних воздействий. Механические воздействия. Методы расчета и анализа вибраций. Методы расчета на виброустойчивость. Амортизация нестационарных ВТ. Охлаждение ВТ. Передача теплоты в электронных устройствах. Основные теплофизические задачи, возникающие при конструировании ВТ. Атмосферные воздействия. Защита покрытиями. Защита герметизацией. Воздействия электрического характера. Причины возникновения помех. Электрические связи между элементами в ВТ. Помехи при соединении элементов ВТ «короткими» связями. Помехи при соединении элементов ВТ «длинными» связями. Помехи в каналах связи. Методы снижения паразитных связей. Методы защиты от помех. Временная нестабильность.

14. Эргодизайн электронной аппаратуры. Обеспечение взаимодействия человека-оператора в системе человек-машина.

Функциональная схема человека – оператора в управляющей системе. Характеристика человека-оператора как звена в единой системе человек – машина. Классификация систем типа «человек-инструмент». Классификация систем типа «человек-машина». Количественная оценка этапов функциональной деятельности человека – оператора. Сравнительные характеристики анализаторов человека-оператора. Характеристики времени и безошибочности действий человеком. Характеристики умственной деятельности человека. Средние силовые показатели групп мышц человека-оператора. Характеристики нервно-психологической нагрузки человека. Физиологические характеристики человека-оператора. Гигиенические параметры среды. Количественные характеристики доступного зрительного пространства. Усредненная оценка действия шума на человека оператора. Антропометрические характеристики человека-оператора. Сводные антропометрические показатели. Факторы, определяющие мобилизационные возможности человека-оператора. Состояние адекватной мобилизации. Состояние

динамического рассогласования. Психологические характеристики человека-оператора. Организация рабочего места при Эксплуатации ЭА. Требования к микроклимату в помещениях с ЭА. Требования к уровню шума и вибраций в помещениях с ЭА. Особенности проектирования человеко-машинных систем с позиций обеспечения требований к уровню шума и вибрациям.

### **Примерная тематика лабораторных работ**

1. Подложки тонкопленочных ГИС.
2. Материалы элементов тонкопленочное ГИС.
3. Методы формирования конфигураций элементов тонкопленочной ГИС.
4. Компоненты ГИС.
5. Конструктивные и технологические ограничения при проектировании тонкопленочной ГИС.
6. Расчет конструкций элементов тонкопленочной ГИС.
7. Разработка топологии тонкопленочной ГИС.
8. Обеспечение эффективности производства и повышение качества изделий микро и наноэлектроники
9. Разработка однослойных печатных плат средствами пакета P-CAD (или его аналогами).
10. Методы и средства математического описания, экспрессного изучения и моделирования процессов на основе планирования экспериментов.

### **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

В преподавании дисциплины «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» используются следующие образовательные технологии: лекционные занятия, лабораторные занятия, самостоятельная внеаудиторная работа.

Лекционные занятия проводятся в основном в традиционной форме. При проведении части лекционных занятий используется ПК и мультимедийный проектор.

Во время аудиторных занятий проводятся лекции с использованием ПК и мультимедийного проектора, демонстрируются слайды, аппаратура и проводятся натурные эксперименты непосредственно из лабораторий с помощью Skure. Для лучшего усвоения студентам передаются электронные материалы к лекциям.

Одним из основных средств обучения является решение студентами специализированных задач по курсу, направленных на обучение применению знаний и приобретению новых на примерах решения конкретных задач.

При реализации программы дисциплины используются различные образовательные технологии, включающие практические занятия в компьютерном классе. Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь в написании рефератов и при выполнении домашних заданий) и индивидуальную работу студента в компьютерном классе или библиотеке, предусмотрены также встречи с экспертами и специалистами.

Содержание учебного материала диктует выбор методов обучения: информационно-развивающие – лекция, объяснение, демонстрация, решение задач;

самостоятельная работа с рекомендуемой литературой;

проблемно-поисковые и исследовательские – самостоятельная проработка предлагаемых проблемных вопросов по дисциплине.

Практическая подготовка при реализации данной дисциплины направлена на формирование практических навыков и компетенций по профилю образовательной программы в процессе выполнения лабораторных работ, в ходе которых студенты осваивают принципы и методы конструкторско-технологического обеспечения производства ЭВМ на установках, аналогичных используемых для этих целей на предприятиях электронной промышленности.

#### **Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:**

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;

- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;

- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;

- использование индивидуальных графиков обучения;

- использование дистанционных образовательных технологий.

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Самостоятельная работа студентов в объеме 52 часов по дисциплине «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» проводится в течение всего периода изучения дисциплины и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, к лабораторным занятиям, к контрольной работе, в выполнении заданий лектора.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь в подготовке доклада и при выполнении домашних заданий) и индивидуальную работу студента в компьютерном классе или библиотеке.

#### Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к лабораторным работам пользоваться лекциями и рекомендованной литературой;

- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачета.

### **Вопросы и задания для самоконтроля** **при выполнении самостоятельной работы**

Для проведения контроля знаний по результатам самостоятельной работы целесообразно проводить оценивание в виде исследовательских инженерных задач. Задания формируются на основе приведенного ниже тематического перечня.

#### §1. Газовая кинетика, вакуумная технология

##### Физика вакуума

1. Дайте краткое объяснение молекулярной природы давления газа, связывающее температуру и массу газа.

2. В вакуумной установке при  $T=293\text{ К}$  создан высокий вакуум, соответствующий давлению  $10^{-9}\text{ Па}$ . Сколько молекул газа останется при этом в  $1\text{ м}^3$ ?

3. Как изменится давление газа, если при неизменном объеме и температуре половину молекул заменить молекулами в два раза более тяжелого газа?

4. Чему равна максимально возможная быстрота откачки вакуумного насоса, откачивающего вакуумную камеру при  $T=293\text{ К}$ , если площадь его входного отверстия равна  $0,1\text{ м}^2$ ?

5. Определить давление атмосферного воздуха на высоте  $30\text{ км}$ , если на уровне моря оно равно  $10^5\text{ Па}$ ?

6. Каково соотношение между наиболее вероятностной, среднеквадратичной и среднеарифметической скоростями газовых молекул?

7. Определить, чему равен критерий Кнудсена, если вакуумная камера сферической формы и диаметром  $0,5\text{ м}$  заполнена воздухом при  $T=293\text{ К}$  и давлении  $10^{-5}\text{ Па}$ .

8. Найти среднюю длину свободного пути молекул воздуха при давлении  $10^{-3}\text{ Па}$  и  $T=293\text{ К}$ ?

9. Как изменится длина свободного пути молекул азота при изменении температуры от  $300$  до  $600\text{ К}$ ?

10. Каковы давления воздуха в сферической вакуумной установке диаметром  $0,5\text{ м}$  и при  $T=293\text{ К}$ , соответствующие переходу от низкого к среднему и от среднего к высокому вакууму?

##### Сорбционные явления в вакууме

11. В связи с чем кривая потенциальной энергии взаимодействия молекулы с твердым телом имеет минимум?

12. Какова связь между давлением насыщенного пара раствора и концентрации растворенного в нем вещества?

13. Чем определяется время адсорбции газа на поверхности тела?

14. Каково соотношение между теплотой адсорбции и теплотой конденсации при полимолекулярной и островковой физических адсорбциях?

15. Чем определяется время достижения адсорбционного равновесия на поверхности твердого тела?

16. Как зависит растворимость газов в твердых телах от температуры и давления?

Физические процессы в вакууме

17. Почему коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности газов при низком вакууме не зависят от давления?

18. Каковы наиболее эффективные способы передачи теплоты в областях низкого и высокого вакуума?

19. Как коэффициент диффузии газов зависит от давления в областях низкого и высокого вакуума?

20. Как при различных степенях вакуума изменяется равновесное давление по длине вакуумной системы, имеющей участки с различной температурой?

21. Нужно ли вводить поправку в показания манометрического преобразователя, отделенного от откачиваемого объекта охлаждаемой ловушкой?

22. В чем физический смысл понятия проводимости элемента вакуумной системы? Какова зависимость проводимости от давления при различных течениях газа?

23. Чем определяется критическое отношение давлений при течении газа через отверстие в вязкостном режиме?

Методы получения вакуума

24. Как влияет род откачиваемого газа на быстроту действия турбомолекулярного насоса?

25. В чем состоит различие между эжекторными и диффузионными пароструйными насосами?

26. Для чего применяются фракционирующие устройства в пароструйных насосах?

27. Какой из источников, точечный или плоский, обеспечивает большую равномерность толщины пленки, напыляемой на плоскую поверхность?

28. Зачем проводят распыление активного материала в испарительных насосах?

29. Почему ионно-сорбционные насосы откачивают инертные газы?

30. Какие конструктивные способы позволяют увеличивать быстроту откачки магниторазрядных насосов?

31. Механизмы саморегулирования распыления активного вещества в ионно-сорбционных насосах?

32. Чем вызвано ухудшение характеристик криоконденсационного насоса по мере увеличения количества откачанного газа?

33. С чем связано наличие оптимальной скорости транспортирования адсорбента в криосорбционных насосах непрерывного действия?

Измерение общих давлений

34. В чем различие между абсолютными вакуумметрами и вакуумметрами для косвенных измерений?

35. Почему тепловые манометры не используются для измерения высокого вакуума?

36. Что является причиной возникновения фоновых токов в электронном преобразователе давления?

37. Чем вызвана зависимость чувствительности от рода газа у электронных и магнитных преобразователей давления?

38. Почему радиоизотопные преобразователи имеют очень высокий верхний предел измеряемых давлений?

39. Каким образом можно устранить влияние газовой выделенности вакуумной камеры на точность градуировки манометрических преобразователей?

Измерение парциальных давлений

40. В чем состоит различие между статическими и динамическими газоанализаторами?

41. Какие способы развертки спектра применяются в магнитных масс-спектрометрах?

42. От чего зависит разрешающая способность омегатрона?

43. Как происходит разделение ионов в квадрупольном газоанализаторе?

44. Почему ионизационные газоанализаторы не могут работать при давлении больше 1 Па?

45. Какое свойство молекул газа используется для их разделения по массам в десорбционной масс-спектрометрии?

46. Как производится расшифровка масс-спектрограмм?

Измерение газовых потоков

47. Как измерить производительность вакуумного насоса?

48. Определите требования к пороговой чувствительности течеискателя для проверки герметичности объекта объемом 1 л, если допустимое повышение давления  $10^{-4}$  Па при хранении его в нормальных условиях в течение суток.

49. Определите требования к пороговой чувствительности течеискателя для проверки герметичности объекта, снабженного насосом с быстротой откачки 10 л/с, если в откачиваемом объекте должно поддерживаться давление 10<sup>-4</sup> Па.

50. Принципы действия расходомеров.

§2. Окисление кремния

1. Проведите сопоставительный анализ основных технологических процессов получения локальных окисных слоев и образований при создании ИМС на биполярных и МДП транзисторах (сопоставьте процессы сухого и влажностного температурного окисления, пиролитического осаждения, плазмохимического окисления и окисления ионным внедрением).

2. Рассчитайте положение нижней и верхней границ слоя окисла по отношению к положению исходной границы окисляемого кремния (плотности окисла и кремния принять равным 2.27 и 2.33 г/см<sup>3</sup> соответственно).

3. Модель процесса термического окисления. Кинетический и диффузионный контроль (лимитирующие стадии процесса).

4. Зависимость толщины слоя окисла от времени при термическом окислении (общая), в диффузионной и кинетической областях.

5. Механизмы влияния ориентации на окисление.

6. Сопоставьте влияние легирующих примесей (бора и фосфора) на термическое окисление кремния.

7. Маскирующие свойства окисла на кремнии. Рассчитайте степень маскирования при использовании слоя окисла  $\sim 0,9$  мкм и диффузии бора и галлия. Коэффициенты диффузии составляют 10-15 и 10-11  $\text{см}^2/\text{с}$  соответственно. Диффузия проводится из неограниченного и ограниченного источников.

8. Основные источники подвижных зарядов в окисле. Влияние подвижных зарядов в окисле на характеристики МДП транзисторов.

9. Причины возникновения неподвижных зарядов в окисленных структурах. Влияние неподвижных зарядов на характеристики ИМС. Пути снижения плотности заряда в МДП структурах на кремнии.

10. Механические напряжения в окисленных структурах. Причины возникновения механических напряжений. Влияние механических напряжений на свойства ИМС.

11. Пути снижения продольного подкисления при локальном окислении кремния.

12. Методы создания и области применения структур, содержащих слои окисла и нитрида кремния ИМС.

13. Обоснуйте требования к поддержанию технологических параметров при окислении кремния для создания защитных слоев.

14. Обоснуйте требования к поддержанию заданной толщины свойств подзатворного диэлектрика.

15. Обоснуйте требования к поддержанию технологических при окислении кремния для создания подзатворного диэлектрика в МДП ИМС.

16. Определение толщин окисного слоя-подзатворного диэлектрика на кремнии.

17. Как рассчитать необходимую толщину защитного слоя?

18. Методы определения толщины и свойств защитного окисного слоя на кремнии.

19. Задано пороговое напряжение от 1,0 до 1,5 В. Рассчитайте толщину окисла с учетом изменения концентрации примесей при окислении.

20. Рассчитайте необходимую толщину окисла в структуре КНИ для обеспечения отношения паразитной емкости и емкости коллекторного перехода меньше 10.

21. Кинетика окисления на начальных и последних стадиях образования окисла. Основные причины.

22. Нужно получить ступеньку в 1,5 мкм после удаления локального окисла. Какой должна быть толщина окисного слоя.

23. Влияние механических напряжений на характеристики МОП транзисторов с р-каналом. Возможности использования окисления для создания механических напряжений.

24. Влияние вакансий и дефектов на процесс окисления.

### §3. Диффузия

1. Влияние электрического поля на диффузию примесей.

2. Причины и механизмы возникновения механических напряжений при диффузии примесей в кремний.



3. Проводится диффузия галлия в кремний при температуре 1100 °С в течение 3 ч. Примесей галлия в исходном кремнии нет. Каково конечное распределение галлия, если поверхностная концентрация его постоянна и составляет  $10^{18}$  ат/см<sup>3</sup>.

4. Предположим, что подложка легирована мышьяком до концентрации  $10^{18}$  ат/см<sup>3</sup> и бором до концентрации  $5 \cdot 10^{17}$  ат/см<sup>3</sup>. На подложке имеется эпитаксиальный слой, легированный сурьмой до концентрации  $5 \cdot 10^{15}$  ат/см<sup>3</sup>, вся система выдерживается при температуре 1250 °С в течение 100 мин. Определить конечное распределение примесей.

5. Предположим, что толстый эпитаксиальный слой кремния, легированный мышьяком до удельного сопротивления 1 Ом см, осажден на подложку, легированную мышьяком до удельного сопротивления 0,001 Ом см. Осаждение проводилось при 1250 °С в течение 15 мин. Затем образцы окислялись при 1150 °С в течение 1 ч и проводился повторный процесс диффузии при 1100 °С в течение 2 ч. Необходимо определить распределение примесей вблизи поверхности раздела эпитаксиальный слой – подложка после всех этих операций.

6. Определите распределение примеси в кремнии при диффузии из бесконечного источника.

7. Определите распределение примеси в кремнии, если проводится диффузия из бесконечного источника одновременно с обеих сторон пластинки конечной толщины.

8. Определите распределение примеси в кремнии при диффузии из ограниченного источника.

9. Определите распределение примеси в кремнии при диффузии, когда в качестве источника использован газ, и количество примеси, достигающей поверхности зависит не только от концентрации примеси в газовой фазе, но и от задержки частиц на поверхности.

10. Определите распределение примеси в кремнии при диффузии через слой среды 1 в полубесконечную среду 2.

11. Определите распределение примеси в кремнии при диффузии через окисную пленку, растущую на поверхности кремния.

12. Каким образом учитывается влияние дислокаций на коэффициент диффузии?

13. Каким образом учитывается влияние вакансий на коэффициент диффузии?

14. Каким образом учитывается влияние кристаллографической ориентации на коэффициент диффузии?

15. Предложите метод определения коэффициента диффузии быстро диффундирующей примеси.

16. Предложите методику получения кривой распределения примеси с помощью четырехзондового метода и удаления небольшой части диффузионного слоя шлифовкой.

17. Как по кривой распределения примеси определить коэффициент диффузии примеси?

#### §4. Литография

1. Предельные возможности фотолитографии. Основные факторы, ограничивающие минимальные размеры элементов.

2. Фоторезисты. Негативный и позитивный фоторезисты. Обоснуйте основные требования к фоторезистам. Методы контроля фоторезистов.

3. Проведите сопоставительный анализ способов и аппаратуры нанесения фоторезистов и областей эффективного применения различных способов и аппаратуры.

4. Проанализируйте технологический маршрут создания фотошаблонов с позиций возможных источников и причин брака.

5. Сопоставьте электронную и фотолитографию по следующим характеристикам:

- ограничения предельного разрешения
- требования к шаблонам. Шаблоны для электронной литографии.
- методы и метки совмещения при фото- и электронной литографии.
- производительность. Затраты времени при фото- и электронной литографии и пути их сокращения.

- выбор резиста и толщины слоя резиста при электронной и фотолитографии.

- рассеяние фотонов и электронов в резисте. Эффекты близости.

- влияние неплоскостности и глубины резкости на качество литографии.

6. Проекционная и контактная литография. Основные отличия и преимущественные области применения.

7. Методы проявления при литографии. Основные требования. Жидкостное и сухое проявление. Клинья проявления. Влияние недо- и перепроявления.

8. Виды и источники брака литографии.

9. Методы контроля фотошаблонов. Визуальный контроль. Дифракционный контроль.

10. Рентгено- и ионолитография. Принципы, возможности, трудности и ограничения.

11. Электронная гигиена при процессах литографии. Основные требования. Методы контроля.

12. Планызирующие слои и многослойные фоторезисты.

13. Проведите сравнение различных методов литографии в соответствии с таблицей.

Характеристика процесса	Оптическая фотолитография		Рентгеновская литография	Электронно-лучевая литография	
	контактная	проекционная		сканирующая	полная проекция
Длина волны излучения, нм					
Практическое разрешение, мкм					
Шаблон					
Время экспони-					

Характеристика процесса	Оптическая фотолитография		Рентгеновская литография	Электронно-лучевая литография	
	контактная	проекционная		сканирующая	полная проекция
рования (стандартная пластина)					
Совмещение					
Достоинства					
Недостатки					

14. Проведите приближенную оценку связи дефектности фотошаблонов для приборов определенного класса с условиями изготовления фотошаблонов.

Тип прибора	Критическая площадь, см <sup>2</sup>	Допустимая плотность дефектов, см <sup>2</sup>	Число фотошаблонов в комплекте	Материал фотошаблонов	Методика изготовления фотошаблонов	Способы обеспечения чистоты
Полупроводниковые приборы малой и средней мощности						
Мощные полупроводниковые приборы, средние интегральные схемы						
Большие интегральные схемы						
Матрицы приборов с зарядовой связью						

#### §5. Контролируемое нанесение тонких пленок

1. В вакуумной системе давление остаточных газов (азот) -10 мТорр, температура комнатная, диаметр молекулы азота примите равным 2-м ангстремам. Рассчитайте: а) зависимость длины свободного пробега молекул в газе от давления, размера молекул, температуры и длину свободного пробега при этих условиях; б) Концентрацию молекул азота; с) Плотность потока (количество молекул азота, падающих на единицу поверхности в единицу времени).

2. Показатель преломления наносимого материала ниже, чем у стеклянной подложки, система подложка – пленка освещается монохроматическим светом. Предложите соотношение, связывающее положение минимумов отражения и толщиной осаждаемой пленки. (Основные ограничения предлагаемой методики).

3. Показатель преломления пленки выше, чем у подложки, система подложка – пленка освещается монохроматическим светом. Предложите соотношение, связывающее положение максимумов отражения и толщиной осаждаемой пленки (основные ограничения предлагаемой методики).

#### §6. Эпитаксия

1. Оцените энергию (в киловатт-часах), необходимую для проведения процесса роста (длительностью 10, 30, 40, 50, 60 минут) автоэпитаксиального

слоя кремния из дихлорсилана -  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ . Скорость роста слоя 1 мкм/мин, температура роста 1100 °С, толщина слоя 10 мкм, количество одновременно загружаемых в горизонтальный реактор подложек диаметром 100 мм равно 20 штук.

2. Оцените величину компенсации для смещения топологического рисунка на фотошаблоне в эпитаксиальных структурах с ориентацией (100), содержащих скрытые слои, легированные сурьмой, с толщиной эпитаксиального слоя 7 мкм.

3. Оцените максимальные значения температуры, при которых не происходит осаждения кремния из каждого вида кремнийсодержащего соединения ( $\text{SiC}_{14}$ ,  $\text{SiHCl}_{13}$ ,  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{SiH}_4$ ). Сравните полученные значения с температурной зависимостью зародышеобразования.

4. Рассчитайте энергию активации процесса роста по зависимости скорости роста от температуры в соответствии с уравнением Аррениуса -  $V_{пр} \approx V_{кин} - Ae^{-E_A/RT}$ , где  $V_{пр}$  - скорость процесса;  $V_{кин}$  - скорость кинетической стадии;  $T$  - температура, °К;  $R$ -универсальная газовая постоянная;  $E_A$  - энергия активации;  $A$ - константа.

5. При измерении обратно смещенного перехода емкость связана с напряжением соотношением  $VC^2=N$ . Что можно сказать о форме профиля легирования. Предложите метод определения концентрации примеси из  $C$ - $V$  - характеристик.

6. С учетом диффузии бора при температуре 1100°С рассчитайте максимальную скорость роста, удовлетворяющую уравнению  $v > 2(D/t)^{1/2}$ , где  $v$ - скорость роста;  $D$ - коэффициент диффузии примеси в кремнии;  $t$ - время легирования, при времени роста 10 минут.

7. Рассчитайте количество водорода (в литрах - при нормальных условиях), необходимое для проведения процесса роста автоэпитаксиального слоя кремния из дихлорэтана.

8. Влияет ли толщина эпитаксиальной структуры на напряжения, возникающие в структуре при эпитаксии?

9. Предложите методику определения толщины эпитаксиальных слоев кремния, если известны: радиус шарового шлифа и кратность увеличения объектива микроскопа.

10. Предложите методики: а) определения удельного сопротивления автоэпитаксиального слоя кремния с помощью четырехзондового метода; б) определения профиля распределения концентрации; в) определения толщин однородного и переходного слоя в структурах типа  $pn^+$ .

§7. Методы и средства математического описания, экспрессного изучения и моделирования процессов на основе планирования экспериментов.

### Задание 1:

Получить математическое описание связей между технологическими факторами плазмохимического осаждения  $\alpha$  - $\text{Si:H}$  показателем

преломления ( $n$ ) и параметром процесса ( $v$ ), используя таблицы полученных экспериментальных данных в выбранном факторном пространстве. Параметры оптимизации –  $Y = n$  и  $Y = v$ .

Подобласть факторного пространства  $X(x_1, x_2)$ ,

где  $x_1$  - смещение  $U, B$ ;  $x_1^H = -250$ ;  $x_1^E = -50$

$x_2$  – давление в реакторе  $P, \text{Top}$ ;  $x_2^H = 7 \cdot 10^{-2}$ ,  $x_2^E = 9.2 \cdot 10^{-2}$

Обработать экспериментальные данные: проверить данные параллельных измерений параметра оптимизации на выброс, однородность дисперсий, посчитать дисперсию воспроизводимости, проверить отличие средних  $Y_{max}$  и  $Y_{min}$  каждого опыта, получить регрессионную зависимость, используя обобщение на многофакторный случай (матричный способ), проверить значимость коэффициентов линейной регрессии и адекватность модели.

Вариант 1:

Номера опытов	Кодированные значения факторов			Параметр оптимизации			
				$n$ (показатель преломления слоя)		$v$ (скорость роста, $A^\circ/\text{сек}$ )	
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$n_1$	$n_2$	$v_1$	$v_2$
1(5)	+1	-1	+1	3.34	3.27	3.16	3.23
2(6)	+1	+1	+1	3.39	3.46	3.78	3.71
3(7)	+1	-1	-1	3.61	3.68	3.54	3.61
4(8)	+1	+1	-1	3.73	3.8	3.85	3.92

Вариант 2

Номера опытов	Кодированные значения факторов			Параметр оптимизации			
				$n$ (показатель преломления слоя)		$v$ (скорость роста, $A^\circ/\text{сек}$ )	
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$n_1$	$n_2$	$v_1$	$v_2$
1(5)	+1	-1	+1	3.34	3.27	3.16	3.23
2(6)	+1	+1	+1	3.46	3.53	3.78	3.71
3(7)	+1	-1	-1	3.68	3.75	3.54	3.61
4(8)	+1	+1	-1	3.83	3.90	4.10	4.03

### Вариант 4

Номера опытов	Кодированные значения факторов			Параметр оптимизации			
				<i>n</i> (показатель преломления слоя)		<i>v</i> (скорость роста, А°/сек)	
	<i>x</i> <sub>0</sub>	<i>x</i> <sub>1</sub>	<i>x</i> <sub>2</sub>	<i>n</i> <sub>1</sub>	<i>n</i> <sub>2</sub>	<i>v</i> <sub>1</sub>	<i>v</i> <sub>2</sub>
1(5)	+1	-1	+1	3.44	3.37	3.11	3.18
2(6)	+1	+1	+1	3.59	3.63	3.73	3.66
3(7)	+1	-1	-1	3.78	3.85	3.49	3.56
4(8)	+1	+1	-1	3.93	4.00	4.05	3.98

### Вариант 5

Номера опытов	Кодированные значения факторов			Параметр оптимизации			
				<i>n</i> (показатель преломления слоя)		<i>v</i> (скорость роста, А°/сек)	
	<i>x</i> <sub>0</sub>	<i>x</i> <sub>1</sub>	<i>x</i> <sub>2</sub>	<i>n</i> <sub>1</sub>	<i>n</i> <sub>2</sub>	<i>v</i> <sub>1</sub>	<i>v</i> <sub>2</sub>
1(5)	+1	-1	+1	3.54	3.47	2.96	3.03
2(6)	+1	+1	+1	3.66	3.73	3.58	3.51
3(7)	+1	-1	-1	3.88	3.95	3.34	3.41
4(8)	+1	+1	-1	4.03	4,1	3.9	3.83

### Вариант 6.

Номера опытов	Кодированные значения факторов			Параметр оптимизации			
				<i>n</i> (показатель преломления слоя)		<i>v</i> (скорость роста, А°/сек)	
	<i>x</i> <sub>0</sub>	<i>x</i> <sub>1</sub>	<i>x</i> <sub>2</sub>	<i>n</i> <sub>1</sub>	<i>n</i> <sub>2</sub>	<i>v</i> <sub>1</sub>	<i>v</i> <sub>2</sub>
1(5)	+1	-1	+1	3.49	3.42	3.06	3.13
2(6)	+1	+1	+1	3.63	3.70	3.68	3.61
3(7)	+1	-1	-1	3.83	3.90	3.44	3.55
4(8)	+1	+1	-1	3.88	4.05	4.00	3.93

#### Задание 2:

Получить математическое описание связей между технологическими факторами получения пористого кремния и его показателем преломления *n*, определяемым пористостью материала, используя таблицы полученных экспериментальных данных в выбранном факторном пространстве. Параметр оптимизации –  $Y = n$ .

Подобласть факторного пространства  $X(x_1, x_2)$ ,

где  $x_1$  – концентрация HF, %;  $x_1^H=48$ ;  $x_1^E=24$

$x_2$  – плотность тока J, mA/cm<sup>2</sup>;  $x_2^H = 60$ ,  $x_2^E = 30$

Обработать экспериментальные данные: проверить данные параллельных измерений параметра оптимизации на выброс, однородность дисперсий, посчитать дисперсию воспроизводимости, проверить отличие средних  $U_{max}$  и  $U_{min}$  каждого опыта, получить регрессионную зависимость, используя обобщение на многофакторный случай (матричный способ), проверить значимость коэффициентов линейной регрессии и адекватность модели.

#### Вариант 1.

Номера опытов	Кодированные значения факторов			Параметр оптимизации	
				$n$ (показатель преломления слоя)	
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$n_1$	$n_2$
1(5)	+1	-1	-1	2.34	2.37
2(6)	+1	-1	+1	2.4	2.39
3(7)	+1	+1	-1	2.69	2.69
4(8)	+1	+1	+1	2.72	2.68

#### Вариант 2.

Номера опытов	Кодированные значения факторов			Параметр оптимизации	
				$n$ (показатель преломления слоя)	
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$n_1$	$n_2$
1(5)	+1	-1	-1	2.39	2.42
2(6)	+1	-1	+1	2.45	2.44
3(7)	+1	+1	-1	2.74	2.74
4(8)	+1	+1	+1	2.77	2.73

#### Вариант 3.

Номера опытов	Кодированные значения факторов			Параметр оптимизации	
				$n$ (показатель преломления слоя)	
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$n_1$	$n_2$
1(5)	+1	-1	-1	2.44	2.47
2(6)	+1	-1	+1	2.5	2.49
3(7)	+1	+1	-1	2.79	2.795
4(8)	+1	+1	+1	2.82	2.78

#### Вариант 4.

Номера опытов	Кодированные значения факторов			Параметр оптимизации	
				$n$ (показатель преломления слоя)	
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$n_1$	$n_2$
1(5)	+1	-1	-1	2.49	2.52

2(6)	<i>+1</i>	<i>-1</i>	<i>+1</i>	<i>2.55</i>	<i>2.54</i>
3(7)	<i>+1</i>	<i>+1</i>	<i>-1</i>	<i>2.84</i>	<i>2.84</i>
4(8)	<i>+1</i>	<i>+1</i>	<i>+1</i>	<i>2.87</i>	<i>2.83</i>

#### Вариант 5.

Номера опытов	Кодированные значения факторов			Параметр оптимизации	
				<i>n</i> (показатель преломления слоя)	
	<i>x<sub>0</sub></i>	<i>x<sub>1</sub></i>	<i>x<sub>2</sub></i>	<i>n<sub>1</sub></i>	<i>n<sub>2</sub></i>
1(5)	<i>+1</i>	<i>-1</i>	<i>-1</i>	<i>2.54</i>	<i>2.57</i>
2(6)	<i>+1</i>	<i>-1</i>	<i>+1</i>	<i>2.60</i>	<i>2.59</i>
3(7)	<i>+1</i>	<i>+1</i>	<i>-1</i>	<i>2.89</i>	<i>2.89</i>
4(8)	<i>+1</i>	<i>+1</i>	<i>+1</i>	<i>2.92</i>	<i>2.88</i>

#### Вариант 6.

Номера опытов	Кодированные значения факторов			Параметр оптимизации	
				<i>n</i> (показатель преломления слоя)	
	<i>x<sub>0</sub></i>	<i>x<sub>1</sub></i>	<i>x<sub>2</sub></i>	<i>n<sub>1</sub></i>	<i>n<sub>2</sub></i>
1(5)	<i>+1</i>	<i>-1</i>	<i>-1</i>	<i>2.59</i>	<i>2.62</i>
2(6)	<i>+1</i>	<i>-1</i>	<i>+1</i>	<i>2.65</i>	<i>2.64</i>
3(7)	<i>+1</i>	<i>+1</i>	<i>-1</i>	<i>2.94</i>	<i>2.94</i>
4(8)	<i>+1</i>	<i>+1</i>	<i>+1</i>	<i>2.97</i>	<i>2.93</i>

#### Вариант 7

Номера опытов	Кодированные значения факторов			Параметр оптимизации	
				<i>n</i> (показатель преломления слоя)	
	<i>x<sub>0</sub></i>	<i>x<sub>1</sub></i>	<i>x<sub>2</sub></i>	<i>n<sub>1</sub></i>	<i>n<sub>2</sub></i>
1(5)	<i>+1</i>	<i>-1</i>	<i>-1</i>	<i>2.64</i>	<i>2.67</i>
2(6)	<i>+1</i>	<i>-1</i>	<i>+1</i>	<i>2.70</i>	<i>2.69</i>
3(7)	<i>+1</i>	<i>+1</i>	<i>-1</i>	<i>2.99</i>	<i>2.99</i>
4(8)	<i>+1</i>	<i>+1</i>	<i>+1</i>	<i>3.02</i>	<i>2.98</i>

#### **Примерный перечень предлагаемых тем докладов:**

- Процессы проектирования средств вычислительной техники (СВТ). Производство СВТ. Виды производственных процессов. Основы модульного конструирования СВТ. Конструктивные модули (КМ) первого уровня. Стандартизация СВТ. Оформление конструкторской документации по ЕСКД и ЕСПД.

- Интегральные схемы. Основные принципы и особенности производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Классификация и характеристика материалов электронной техники Основные принципы и особенности производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.



- Основные технологические операции. Конструирование и технология биполярных и МОП ИС. Методы получения вакуума. Получение монокристаллов и пленок. Металлические пленки. Диэлектрические пленки.

- Основные технологические операции: литография, диффузия, ионная имплантация, эпитаксия, окисление.

- Большие и сверх большие ИС. Организация процесса проектирования. Сборка ИС. Перспективные технологические методы и их использование в производстве интегральных микросхем. Моделирование технологических процессов.

Предельные задачи микро- и наноэлектроники. Интегральные микросхемы.

- Иерархический принцип конструирования ЭВА. Иерархические уровни ЭВА. Задачи конструирования печатных плат. Основные виды печатных плат и особенности их конструкций. Автоматизация конструкторско-технологического этапа проектирования СВТ.

- Типовые процессы изготовления печатных плат. Тенденции совершенствования конструкций и технологии печатных плат. Современные технологические процессы изготовления печатных плат (основные типы плат, методы получения печатных полупроводников).

- Особенности разработки и проектирования ЭВМ. Методы и средства совместной отладки аппаратных и программных средств. КМ третьего и четвертого уровней.

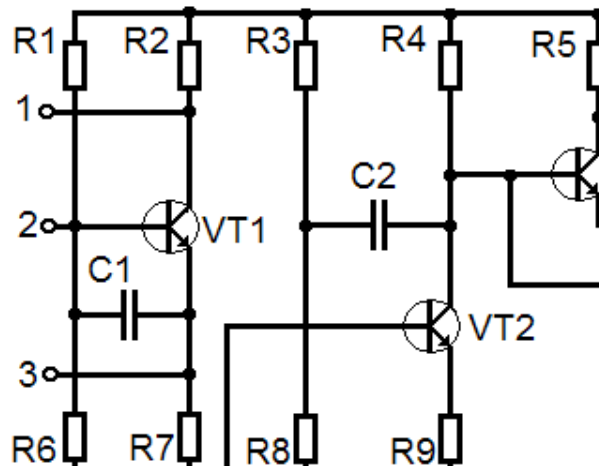
- Методы выполнения электрических соединений. Прочность и технологичность конструкции. Конструкторско-технологическое обеспечение надежности СВТ.

-Защита конструкций ЭВА от внешних воздействий. Обеспечение помехоустойчивости и тепловых режимов в конструкциях СВТ.

-Эргодизайн электронной аппаратуры. Обеспечение взаимодействия человека-оператора в системе человек-машина.

В ходе изучения дисциплины студенты выполняют одну контрольную работу - разработка топологии гибридной тонкопленочной интегральной микросхемы.

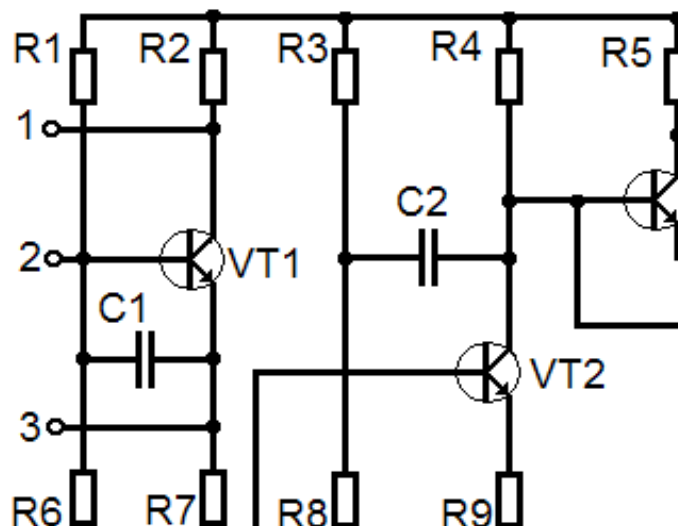
Примерные варианты заданий:



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1800	10	10
R2	2300	15	10
R3	5600	15	15
R4	8300	10	20
R5	3900	15	15
R6	18300	15	20
R7	3700	15	15
R8	8300	10	20
R9	5600	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	U <sub>p</sub> , В
C1	1000	15	10
C2	3000	15	10

R9C2Tr3i/o9\_1-2

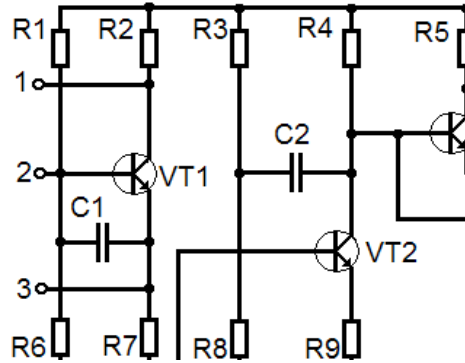


Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	5600	15	20
R2	8300	15	20
R3	3700	10	15
R4	18300	15	20
R5	3900	10	15

R6	8300	15	20
R7	5600	15	15
R8	2300	10	10
R9	1800	15	10

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	3000	15	10
C2	2000	15	10

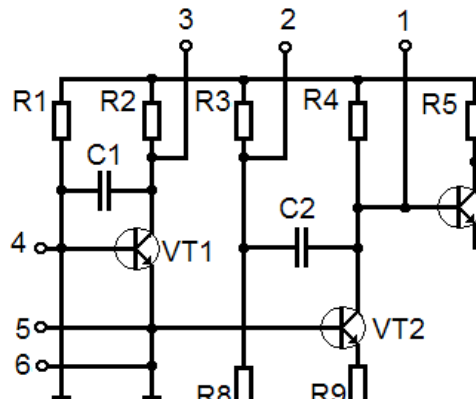
R9C2Tr3i/o9\_1-3



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	8300	15	10
R2	3700	15	10
R3	8300	15	15
R4	5600	15	20
R5	3900	15	15
R6	18300	15	20
R7	5600	15	15
R8	2300	15	20
R9	1800	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	2500	10	10
C2	1500	15	10

R9C2Tr3i/o9\_2-1

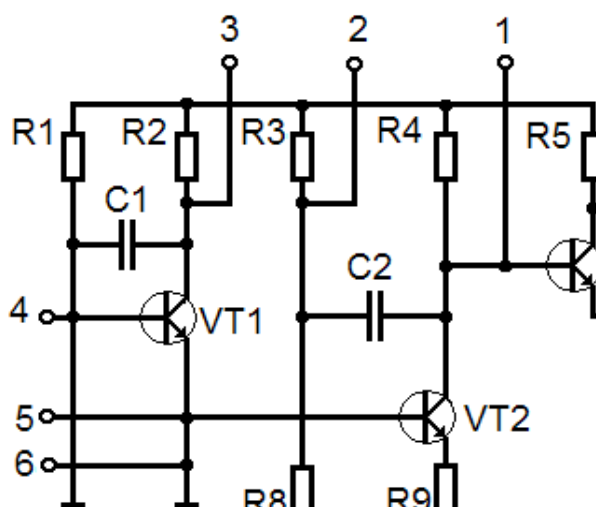


Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
---------	-------	----------------	--------

R1	2000	15	10
R2	3000	15	10
R3	2500	15	15
R4	3800	15	20
R5	4000	15	15
R6	3600	15	20
R7	2700	15	15
R8	5600	15	20
R9	18000	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	U <sub>p</sub> , В
C1	4500	15	15
C2	1800	10	10

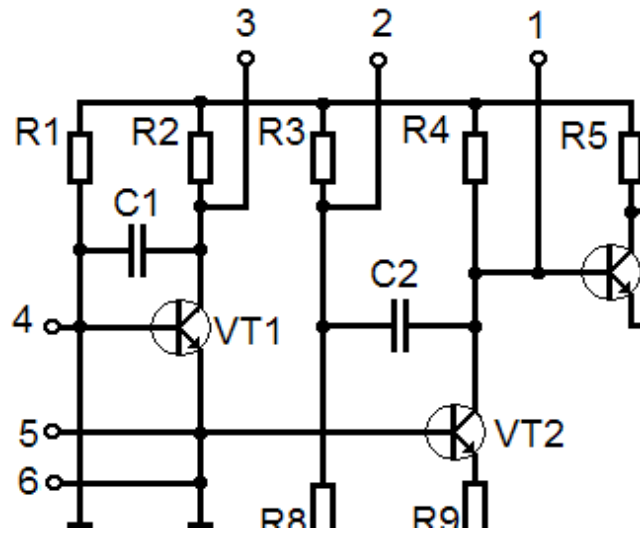
R9C2Tr3i/o9\_2-2



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	5700	15	15
R2	17200	15	20
R3	5000	15	20
R4	2600	15	15
R5	3800	15	15
R6	1800	15	20
R7	2300	15	15
R8	5200	15	15
R9	4700	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	U <sub>p</sub> , В
C1	1500	3	15
C2	1300	15	10

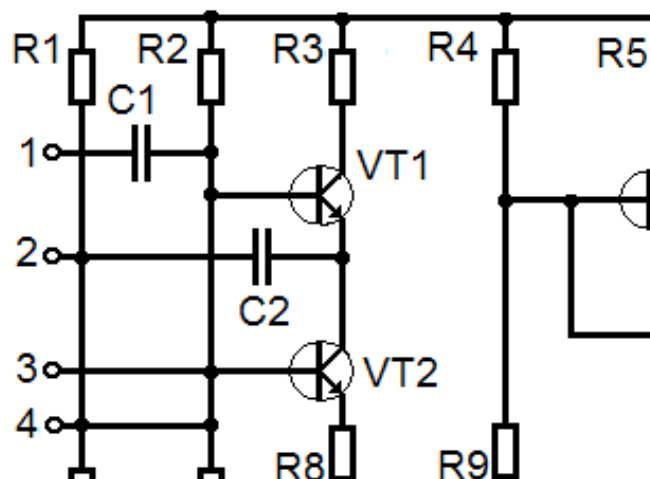
R9C2Tr3i/o9\_2-3



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	7350	15	15
R2	4845	15	20
R3	3654	15	20
R4	9560	15	15
R5	3260	15	15
R6	4523	15	20
R7	1800	15	15
R8	16800	15	15
R9	1000	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, В$
C1	1700	15	10
C2	2600	17	15

R9C2Tr3i/o9\_3-1

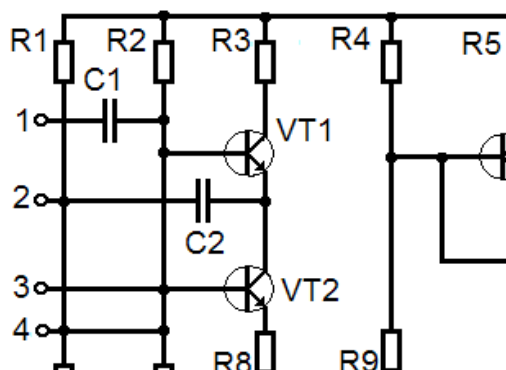


Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	4700	15	15
R2	7300	15	20
R3	2500	15	20
R4	2100	15	15

R5	3500	15	15
R6	1500	15	10
R7	2900	15	10
R8	5300	15	15
R9	16300	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	1200	15	10
C2	1400	15	10

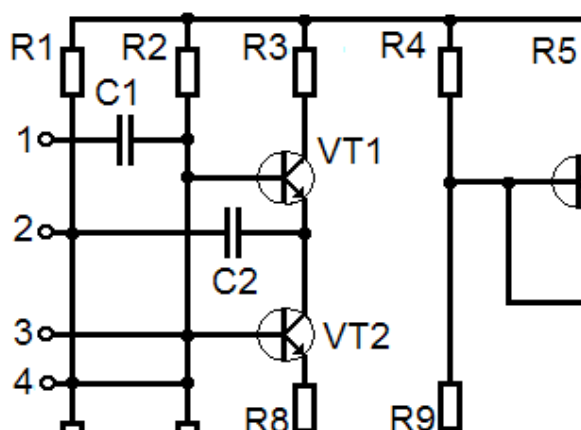
R9C2Tr3i/o9\_3-2



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	6300	15	15
R2	5300	15	20
R3	22900	15	20
R4	1500	15	15
R5	3500	15	15
R6	2700	15	10
R7	5600	15	10
R8	8300	15	15
R9	1300	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	1900	15	15
C2	3400	15	10

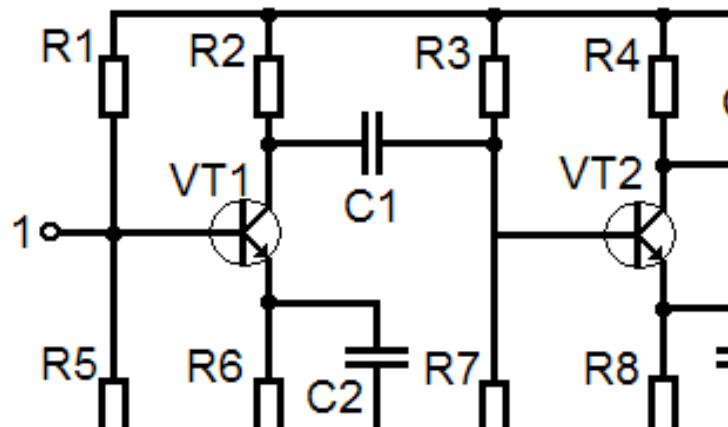
R9C2Tr3i/o9\_3-3



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1700	15	10
R2	21800	15	20
R3	1900	15	20
R4	6100	15	15
R5	3500	15	15
R6	2100	15	15
R7	2500	15	10
R8	7300	15	15
R9	4700	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, В$
C1	1900	15	10

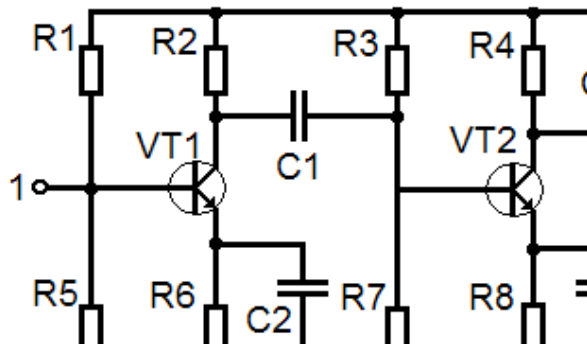
R8C4Tr2i/o5\_4-1



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1450	15	15
R2	3520	15	20
R3	24690	15	20
R4	3800	15	15
R5	4000	15	15
R6	5600	15	10
R7	3500	15	10
R8	7000	15	15

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, В$
C1	1200	15	10
C2	1400	15	10
C3	1300	15	15
C4	1200	15	15

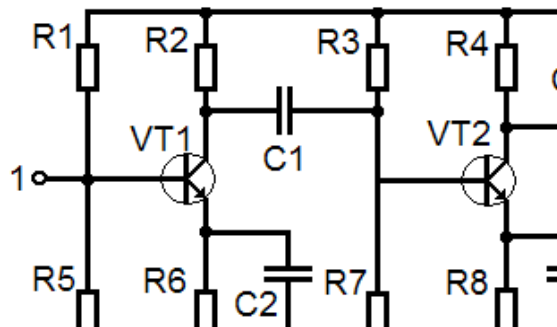
R8C4Tr2i/o5\_4-2



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	6000	15	15
R2	7000	15	20
R3	15000	15	20
R4	4000	15	15
R5	3000	15	15
R6	2000	15	10
R7	1500	15	10
R8	1000	15	15

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, В$
C1	2500	15	10
C2	1400	15	10
C3	3000	15	15
C4	2000	15	15

R8C4Tr2i/o5\_4-3



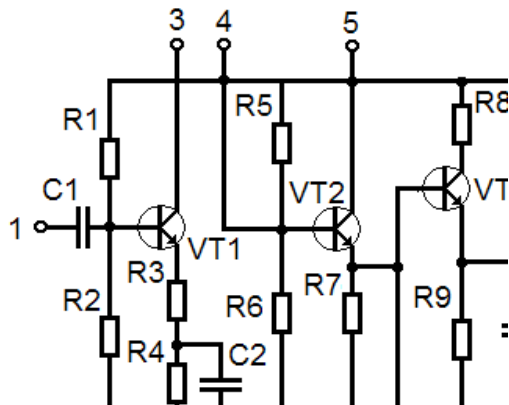
Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1000	15	15
R2	26200	15	20
R3	1400	15	20
R4	5600	15	15
R5	1800	15	15
R6	1900	15	10
R7	6000	15	10
R8	7000	15	15

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, В$
C1	3000	15	10
C2	1000	15	10



C3	1200	15	15
C4	1100	15	15

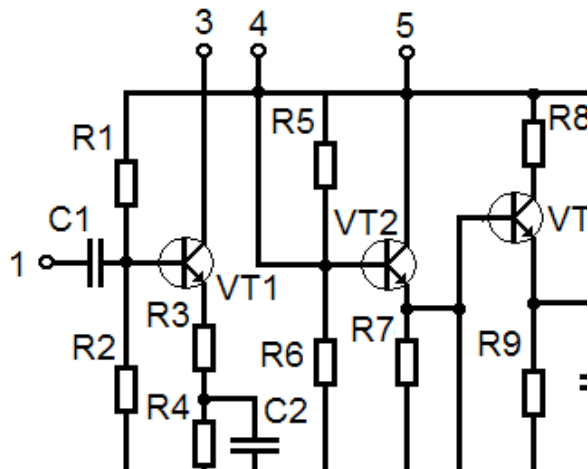
R9C2Tr3i/o9\_5-1



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1450	15	15
R2	3520	15	20
R3	24200	15	20
R4	5800	15	15
R5	1000	15	15
R6	6600	15	10
R7	8500	15	10
R8	3000	15	15
R9	1500	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, В$
C1	1200	15	10
C2	1400	15	10
C3	1300	15	15

R9C2Tr3i/o9\_5-2

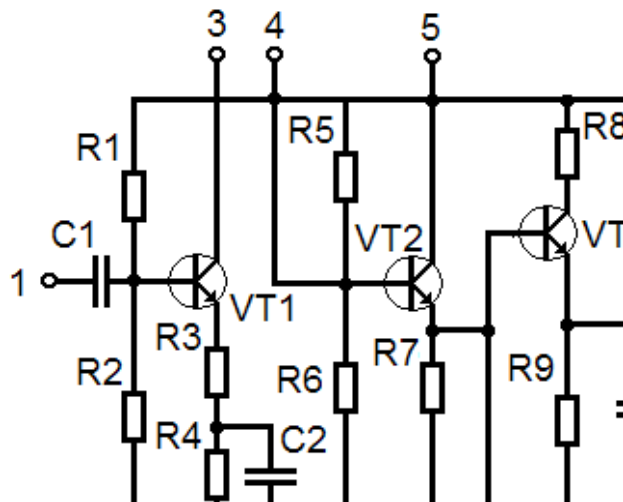


Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	5600	15	20
R2	3600	15	15
R3	4500	15	10

R4	23600	15	20
R5	2800	15	15
R6	7000	15	10
R7	4800	15	20
R8	1800	15	15
R9	5600	15	10

Элемент	C, пФ	$\gamma_c, \%$	$U_p, B$
C1	1300	15	15
C2	1200	15	15
C3	3000	15	15

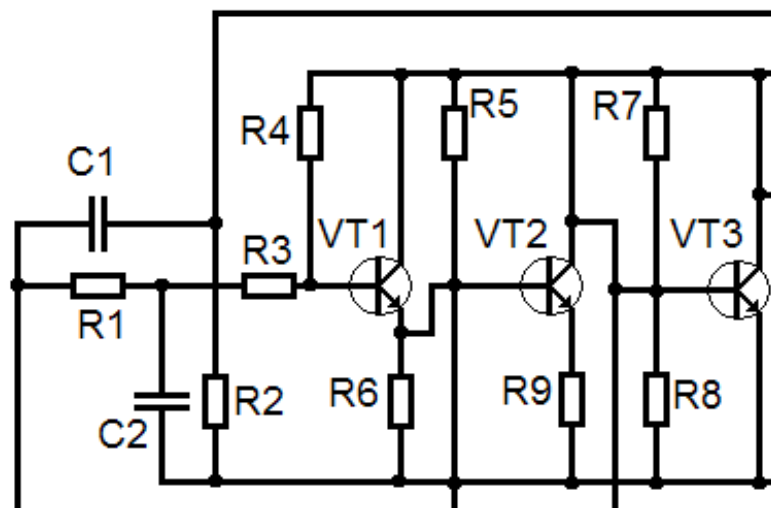
R9C2Tr3i/o9\_5-3



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1500	15	15
R2	21200	15	20
R3	8300	15	20
R4	8400	15	15
R5	8900	15	15
R6	3600	15	10
R7	1400	15	10
R8	2500	15	15
R9	1100	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_c, \%$	$U_p, B$
C1	1500	15	15
C2	4000	15	10
C3	1000	15	15

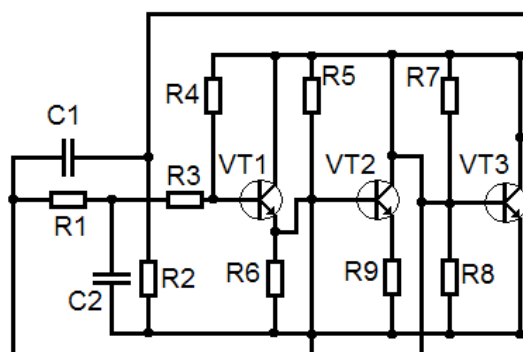
R9C2Tr3i/o4\_6-1



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	3450	15	10
R2	3520	15	15
R3	5200	15	20
R4	5800	15	10
R5	26000	15	15
R6	1600	15	20
R7	2500	15	10
R8	7000	15	20
R9	3900	15	15

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	U <sub>p</sub> , В
C1	4100	15	10
C2	2500	15	10

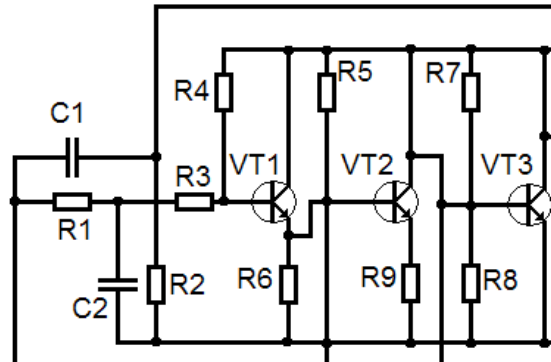
R9C2Tr3i/o4\_6-2



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	2500	15	10
R2	2700	15	15
R3	4500	15	20
R4	1300	15	10
R5	6000	15	15
R6	5000	15	20
R7	4000	15	10
R8	18500	15	20
R9	4500	15	15

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	4000	15	15
C2	1800	15	15

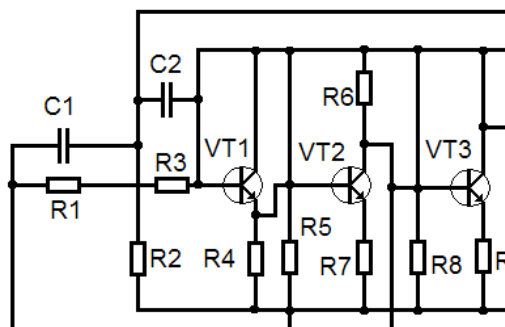
R9C2Tr3i/o4\_6-3



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	3450	15	10
R2	3200	15	15
R3	4200	15	20
R4	3800	15	10
R5	27000	15	15
R6	2000	15	20
R7	4500	15	10
R8	3000	15	20
R9	2900	15	15

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	3100	15	15
C2	1500	15	10

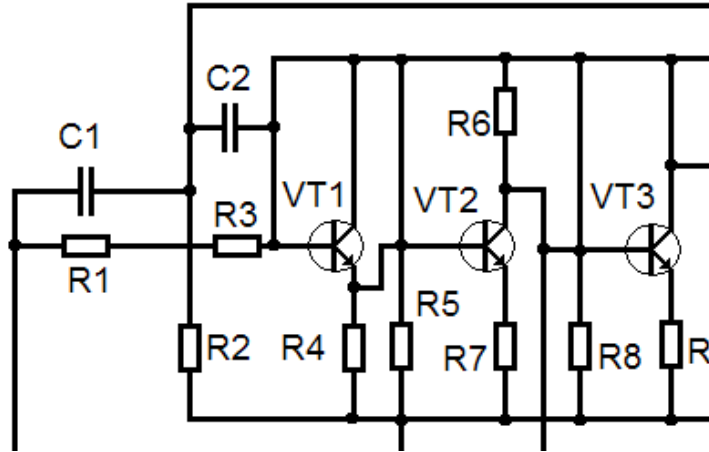
R9C2Tr3i/o4\_7-1



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	5600	15	10
R2	4500	15	15
R3	23800	15	20
R4	3100	15	10
R5	4100	15	15
R6	6100	15	20
R7	8000	15	10
R8	1800	15	20
R9	1300	15	15

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	3100	15	15
C2	1100	15	15

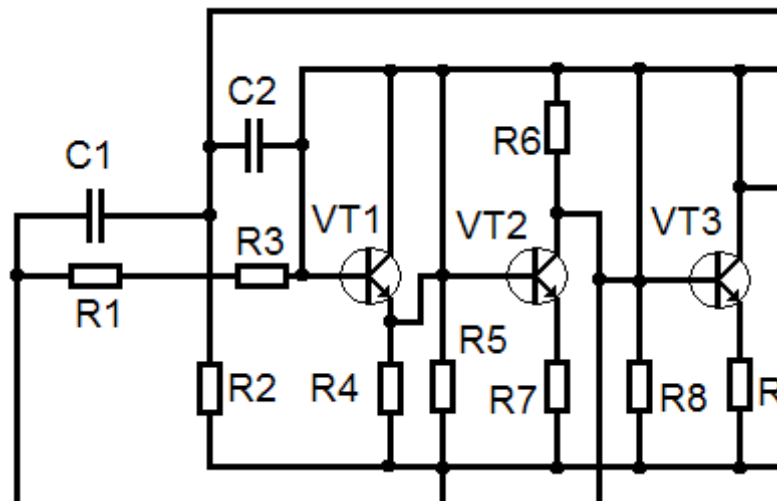
R9C2Tr3i/o4\_7-2



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	8500	15	10
R2	18300	15	15
R3	8000	15	20
R4	1000	15	10
R5	1200	15	15
R6	1500	15	20
R7	1300	15	10
R8	7300	15	20
R9	6800	15	15

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	2000	15	10
C2	3000	15	10

R9C2Tr3i/o4\_7-3

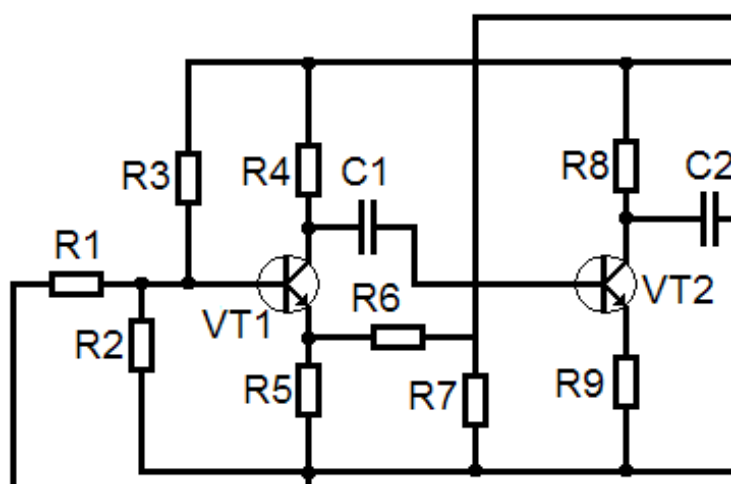


Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
---------	-------	----------------	--------

R1	3000	15	20
R2	4000	15	15
R3	1000	15	20
R4	5600	15	10
R5	8100	15	15
R6	25800	15	20
R7	6300	15	20
R8	7300	15	20
R9	1500	15	15

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	1400	15	15
C2	1700	15	15

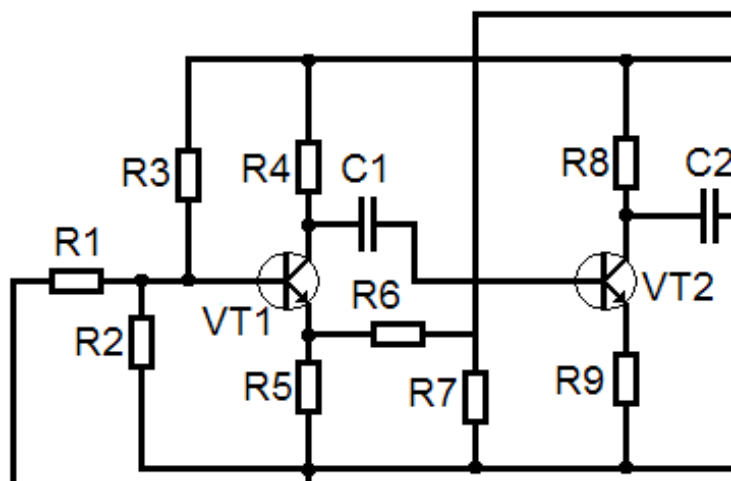
R9C2Tr2i/o4\_8-1



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1100	15	15
R2	2350	15	15
R3	23450	15	15
R4	4550	15	10
R5	5100	15	10
R6	6250	15	20
R7	7300	15	20
R8	8300	15	20
R9	5600	15	15

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	1000	15	10
C2	3000	15	10

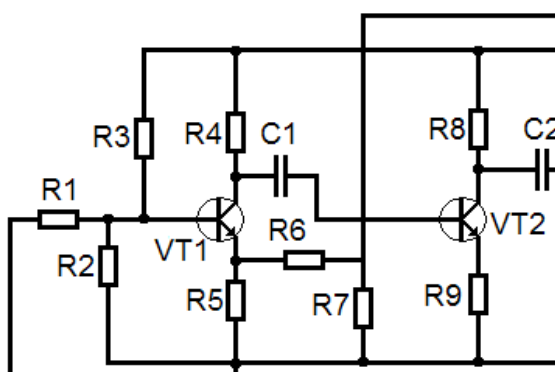
R9C2Tr2i/o4\_8-2



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1100	15	15
R2	2350	15	15
R3	3450	15	15
R4	4550	15	20
R5	5100	15	20
R6	6250	15	20
R7	27300	15	20
R8	8300	15	10
R9	5600	15	10

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, В$
C1	4500	15	15
C2	3000	15	10

R9C2Tr2i/o4\_8-3

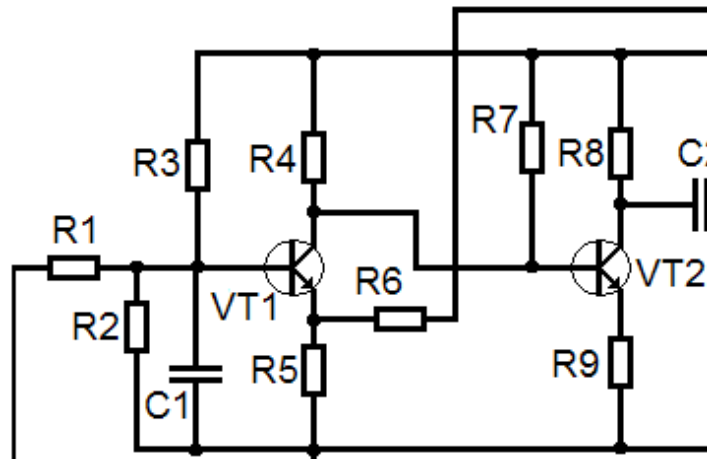


Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1800	15	10
R2	2200	15	10
R3	5500	15	15
R4	8200	15	20
R5	3800	15	15
R6	18200	15	20

R7	3700	15	15
R8	8200	15	20
R9	5600	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	2000	15	15
C2	1500	15	15

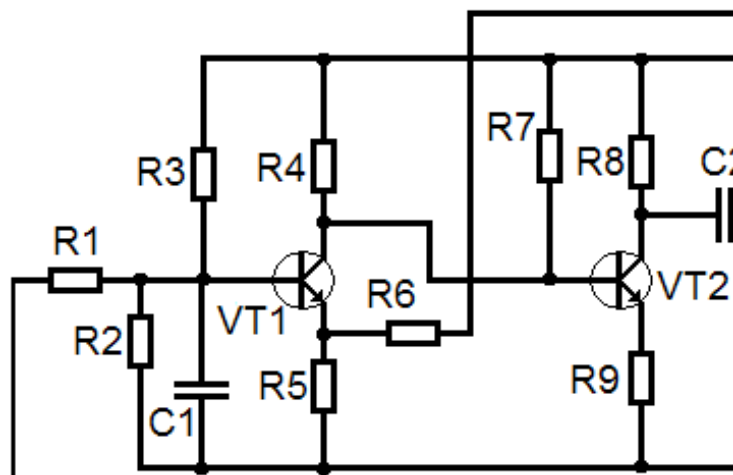
R9C2Tr2i/o4\_9-1



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	5500	15	15
R2	8200	15	20
R3	13600	15	15
R4	8400	15	20
R5	3800	15	15
R6	8300	15	20
R7	5500	15	15
R8	2400	15	10
R9	1800	15	10

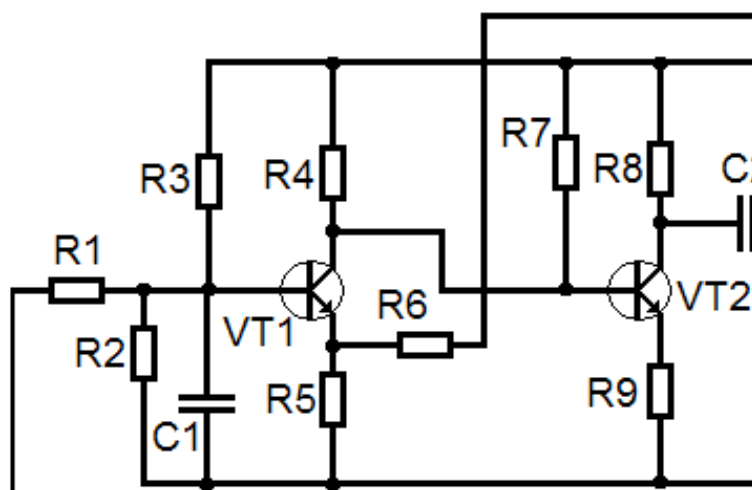
Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	1500	15	10
C2	2000	15	10





Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	7000	15	20
R2	18300	15	20
R3	5000	15	15
R4	7200	15	20
R5	3800	15	15
R6	8000	15	20
R7	5000	15	15
R8	1800	15	10
R9	1900	15	10

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, В$
C1	2500	15	15
C2	1000	15	15

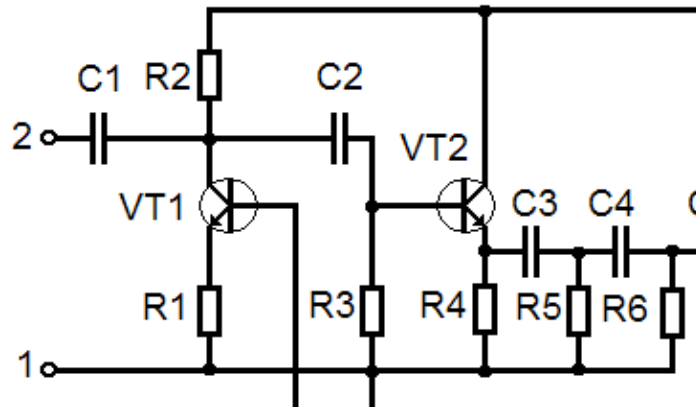


Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1300	15	10
R2	21900	15	10
R3	2600	15	15
R4	3800	15	15
R5	7600	15	20
R6	5000	15	15

R7	4500	15	15
R8	6900	15	20
R9	7900	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	3000	15	15
C2	1000	15	10

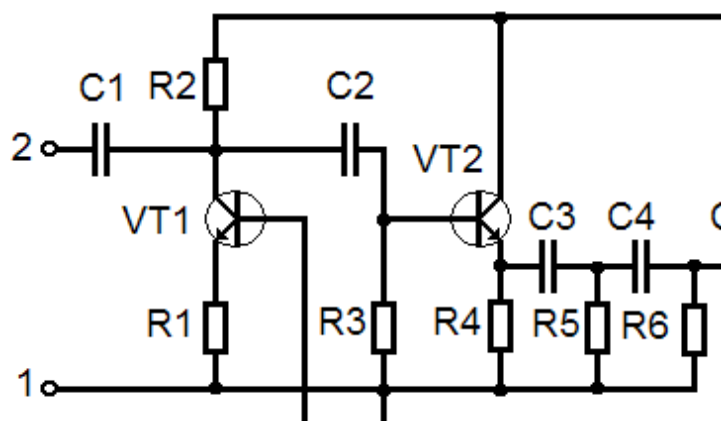
R6C5Tr2i/o4\_10-1



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1500	15	10
R2	1900	15	10
R3	3000	15	15
R4	18000	15	20
R5	25000	15	15
R6	8000	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	1500	15	10
C2	2000	15	10
C3	1300	15	10
C4	1400	15	10
C5	1300	15	10

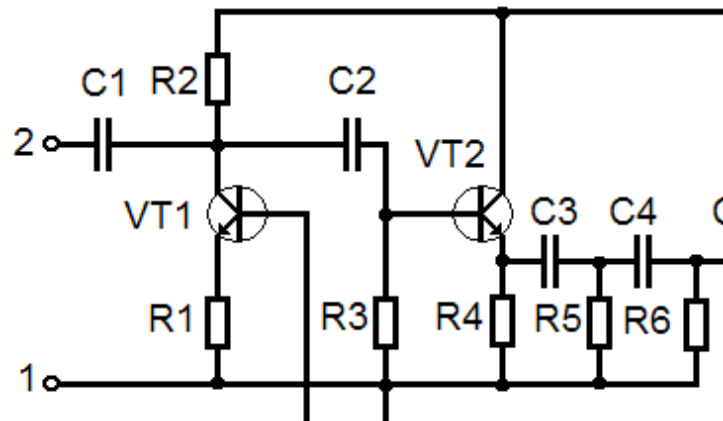
R6C5Tr2i/o4\_10-2



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1100	15	10
R2	1200	15	10
R3	3500	15	15
R4	18300	15	20
R5	5700	15	15
R6	8000	15	20

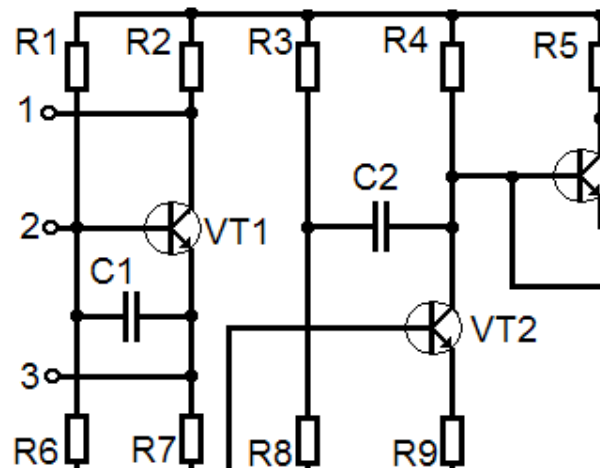
Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, В$
C1	1300	15	15
C2	1400	15	15
C3	1300	15	15
C4	2400	15	15
C5	1300	15	15

R6C5Tr2i/o4\_10-3



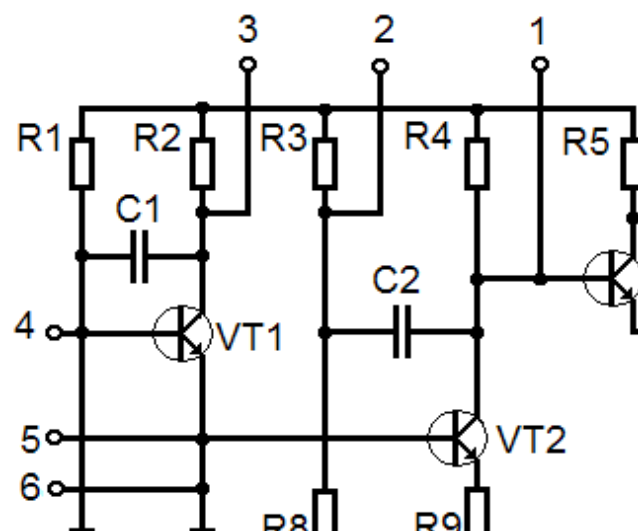
Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1500	15	10
R2	1900	15	10
R3	23000	15	15
R4	8000	15	20
R5	5000	15	15
R6	8000	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, В$
C1	1300	15	15
C2	1200	15	10
C3	1400	15	10
C4	3000	15	10
C5	1300	15	10



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1800	10	10
R2	21000	15	10
R3	5600	15	15
R4	8300	10	20
R5	3900	15	15
R6	18300	15	20
R7	3700	15	15
R8	8300	10	20
R9	5600	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	U <sub>p</sub> , В
C1	50	15	10
C2	1300	15	10

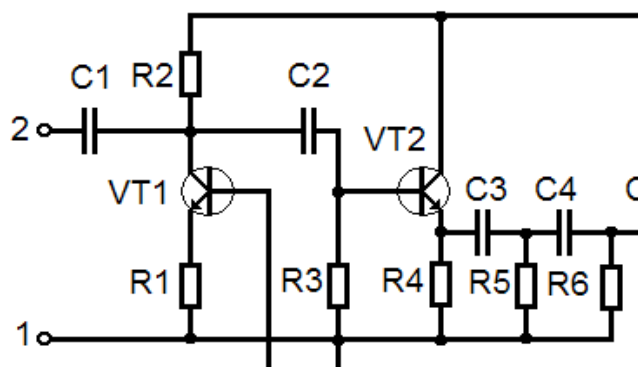


Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	7350	15	15
R2	4800	15	20

R3	6780	15	20
R4	9560	15	15
R5	3260	15	15
R6	4523	15	20
R7	1800	15	15
R8	13000	15	15
R9	1000	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	400	10	10
C2	200	10	15

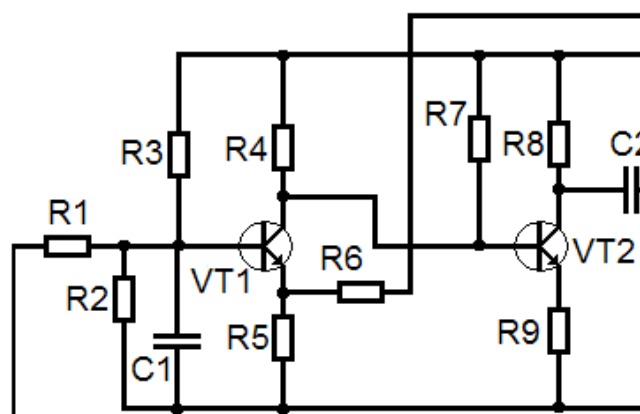
R6C5Tr2i/o4\_10-4



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	150	15	10
R2	1900	15	10
R3	100	15	15
R4	800	15	20
R5	500	15	15
R6	800	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	$U_p, B$
C1	1300	15	15
C2	100	10	10
C3	1400	15	20
C4	3000	10	10
C5	130	15	10

R9C2Tr2i/o4\_9-4



Элемент	R, Ом	$\gamma_R, \%$	P, мВт
R1	1300	15	10
R2	2100	15	10
R3	2000	15	15
R4	3000	15	15
R5	7000	15	20
R6	5000	15	15
R7	4500	15	15
R8	6000	15	20
R9	7000	15	20

Элемент	C, пФ	$\gamma_C, \%$	U <sub>p</sub> , В
C1	30	15	2
C2	1000	15	10

### Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в форме зачета

1. Принципы и особенности производства полупроводниковых приборов и интегральных схем (ИС).
2. Общая характеристика и развитие способов изготовления приборов и ИС.
3. Классификация и характеристика материалов электронной техники. Чистые вещества.
4. Термодинамическая и техническая классификация.
5. Характеристика методов очистки. Кристаллизационные методы очистки.
6. Методы получения вакуума. Понятие о вакууме и давлении. Газовые законы. Пар и газ. Средняя длина свободного пробега. Понятие о степенях вакуума.
7. Механические методы получения вакуума. Механические вакуумные насосы. Принцип действия, конструкции и параметры механических вращательных насосов.

8. Принцип действия, конструкции и параметры диффузионных насосов (пароструйный, паромасляный и парортутный).
9. Принцип действия, конструкции и параметры молекулярных насосов.
10. Общая схема вакуумной системы. Остаточные газы.
11. Получение монокристаллов и пленок. Элементы теории формообразования, роста кристаллов и пленок.
12. Методы получения монокристаллов и пленок.
13. Аморфные материалы.
14. Легирование. Физико-химические принципы. Однородно легированные монокристаллы и пленки.
15. Эпитаксия. Гомо- и гетероэпитаксия. Механизмы и методы. Дефекты эпитаксиальных пленок.
16. Методы получения и обработки полупроводниковых пластин: механические, химические, плазмохимические.
17. Нарушенный слой. Чистота поверхности. Марки полупроводниковых пластин и структур.
18. Диэлектрические пленки. Способы формирования слоев. Механизмы и кинетика окисления. Свойства окисных пленок. Другие диэлектрические пленки.
19. Граница раздела полупроводник – диэлектрик. Стабилизация поверхности.
20. Литография. Физико-химические основы методов фотолитографии, рентгенолитографии, электронолитографии.
21. Характеристика операций процессов литографии. Резисты. Шаблоны. Субмикронная литография.
22. Диффузия. Механизмы и математическое описание процессов термодиффузии.
23. Стимулированная диффузия.
24. Электродиффузия.
25. Распределение примеси в реальных диффузионных структурах.
26. Ионная имплантация. Основы теории процессов ионного внедрения. Пробег и дисперсия пробегов ионов.
27. Радиационные нарушения и способы отжига.
28. Металлические пленки. Требования к металлизации. Системы металлизации.
29. Способы формирования и свойства металлических слоев. Многоуровневая разводка ИС.

30.Перспективные технологические методы и их использование в производстве интегральных микросхем.

31.Радиационная технология. Силицидная технология. Сухие методы обработки. Стимулированные процессы.

32.Объемно интегрированные ИС. Замкнутые технологические циклы.

33.Моделирование технологических процессов. Основные принципы контроля и оптимизации технологических процессов.

34.Предельные задачи микро- и наноэлектроники. Основные случайные факторы и их влияние на размеры элементов. Основные регулярные факторы. (Скейлинг, минимальное энергопотребление и время переключения. Функциональное быстродействие и производительность ИС. Оценка минимального размера и максимального быстродействия.)

35.Биполярный транзистор в ИС (Планарно-эпитаксиальный биполярный транзистор в ИС и паразитные элементы. БТ ИС с комбинированной изоляцией, Структуры БТ ИС на основе технологии КНИ).

36.МДП транзистор (МДП и КМДП в логических схемах. Основные направления совершенствования. Элементы памяти).

37.Интегральные микросхемы. Способы изоляции элементов биполярных ИС.

38.Технологические схемы изготовления монолитной совмещенной и гибридной ИС. Самосовмещение.

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	10	20	0	20	20	0	30	100

### Программа оценивания учебной деятельности студента в семестре

#### 7 семестр

#### **Лекции – от 0 до 10 баллов**

Посещаемость, контрольные опросы, активность за семестр.

#### **Лабораторные занятия – от 0 до 20 баллов.**

Посещаемость, контрольные опросы, активность за семестр.



## **Практические занятия**

Не предусмотрены учебным планом.

## **Самостоятельная работа – от 0 до 20 баллов**

Углубленное изучение отдельных теоретических вопросов по дополнительной литературе, подготовка доклада в течение семестра, оформление отчетов по лабораторным работам, выполнение заданий на самостоятельную работу, контрольная работа.

## **Автоматизированное тестирование – от 0 до 20 баллов**

Тест

## **Другие виды учебной деятельности**

Не предусмотрены другие виды учебной деятельности.

## **Промежуточная аттестация – от 0 до 20 баллов**

При определении разброса баллов на зачете используется следующая шкала ранжирования:

16-30 баллов – ответ на «зачтено»,

0-15 баллов – ответ на «не зачтено».

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7 семестр по дисциплине «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» в оценку (зачет)

60 баллов и более	«зачтено»
меньше 60 баллов	«не зачтено»

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в середине семестра и за несколько дней до промежуточной аттестации.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) литература:

1. Синельников, А. В. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства радиоэлектронных средств. Основы технического документооборота : учебное пособие / А. В. Синельников. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2020. — 84 с. — ISBN 978-5-7782-4150-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99165.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Хуртасенко, А. В. Автоматизированная конструкторско-технологическая подготовка в машиностроении. Ч.2. Автоматизированная технологическая подготовка : учебно-практическое пособие в 2 частях / А. В. Хуртасенко, М. Н. Воронкова, И. В. Маслова. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2018. — 83 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92233.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Горюнова В.В. Основы автоматизации конструкторско-технологического проектирования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Горюнова В.В., Акимова В.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, ЭБС АСВ, 2012.— 172 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23102>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

4. Головицына М.В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Головицына М.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2011.— 503 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22439>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

5. Семенов А.Д. Лабораторный практикум по дисциплине САПР технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Семенов А.Д.— Электрон. текстовые данные.— Егорьевск: Егорьевский технологический институт (филиал) Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», 2015.— 271 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47402>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

6. Витязь П.А. Наноматериаловедение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Витязь П.А., Свидунович Н.А., Куис Д.В.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2015.— 512 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35501>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

7. Бескид П.П. Проектирование защищенных информационных систем. Часть 1. Конструкторское проектирование. Защита от физических полей [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бескид П.П., Суходольский В.Ю., Шапаренко Ю.М.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2008.— 196 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17960>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Экспресс-информация по зарубежной электронной технике/ ЦНИИ "ЭЛЕКТРОНИКА"/Информационно-аналитический центр российской радиоэлектронной промышленности. <https://www.instel.ru/izdaniya/zarubezhnaya-elektronnaya-tekhnika>

2. International roadmap for devices and systems (IRDS) / <https://irds.ieee.org/editions> (Ежегодный обзор развития (дорожная карта) мировой полупроводниковой электронной промышленности)

3. [www.nano.gov](http://www.nano.gov) – Нанотехнологическая инициатива США

4. [www.sani.org.za](http://www.sani.org.za) – Нанотехнологическая инициатива ЮАР

5. [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov) – Аэрокосмическое агентство США (NASA)

6. [www.crnano.org](http://www.crnano.org) – Центр Ответственных Нанотехнологий (CRN)

7. [www.darpa.mil](http://www.darpa.mil) – Агентство перспективных военных разработок США (DARPA)

8. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>

9. Зональная научная библиотека им. В.А. Артисевич Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

10. Свободный доступ студентов к учебному сайту кафедры, электронной почте и интернет во время проведения лабораторных работ и часов самостоятельной работы.

Операционные системы, программные средства офисного назначения:

8. Microsoft Windows XP Professional, Microsoft Windows 7, Microsoft Windows 8 – лицензия № 61137891 от 09.11.2012

9. Microsoft Office профессиональный 2007 (Word, Excel, Access, PowerPoint, Outlook, InfoPath, Publisher) – лицензия № 42226296

10. Microsoft Office Standart 2010 – лицензия № 67334291

11. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstation

Программы для работы с мультимедийным контентом:

12. CorelDRAW Graphics Suite X3 – лицензия №3050977 от 17.12.2007

13. Adobe Photoshop Extended CS3 – лицензия №CE801217 от 01.07.2008

Специализированное программное обеспечение:

14. AutoCAD Mechanical 2013 – Русский – 371-82425427

15. QuantumWise Virtual Nano Lab 12 – лицензия № 20120636

16. Embarcadero RAD Studio 2010 – 153970

17. LabVIEW 8.5 – лицензия M71X16241 от 28.05.2010

18. Wolfram Mathematica 7 – лицензия L3266-6743 от 12.02.2010

19. PTC Mathcad 14 – лицензия №2527097 от 27.02.2010

20. The MathWorks MATLAB – лицензия № 577478 от 27.02.2010

21. ABBYY Lingvo 12 лицензия № AL 2-2S1V06-102 от 11.02.2008

22. LabVIEW Full Development System – лицензия M64X82792 от 03.02.2007

23. Ultiboard Education Single Seat – лицензия M64X82699 от 03.02.2007
24. Ultiboard Education Single Seat – лицензия M64X54001 от 03.02.2007
25. Multisim Education MCU Module – лицензия M64X57137 от 03.02.2007
26. Multisim Education MCU Module – лицензия M64X53943 от 03.02.2007
27. Multisim Education – лицензия M64X94555 от 03.02.2007
28. ThermaCAM Reporter 8 Professional лицензия aKFJu-C9JC2-842b8-6V9aB-RO9CN-AVB1O от 15.02.2007
29. ThermaCAMResearcher лицензия 041-262-416-340 от 09.11.2004
30. ANSYS Academic Research HFSS Лицензия в виде файла-лицензии license-ansoft\_1-22-2013-6.7.25
31. ANSYS Academic Research Mechanical Лицензия в виде файла-лицензии license-ansys\_1-22-2013-6.7.25

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Занятия по дисциплине «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками.

Место проведения практической подготовки: лаборатория микроэлектроники института физики СГУ

Оборудование и возможности лаборатории микроэлектроники описаны на сайте лаборатории. В частности, студенты имеют возможность использовать при выполнении лабораторных работ:

Химический участок (общая площадь 36 кв.м.) с приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением и отдельными (автономными) вентиляционными устройствами для отсоса воздуха из вытяжных шкафов:

- Четыре вытяжных шкафа;
- Установка по получению образцов пористого кремния с контролем in situ;

- Установка плазмохимического синтеза пленок и сверхрешеток на основе пленок аморфного гидрогенизированного и нитридизированного кремния,

- Установка по получению пленок двуокиси ванадия,

- Установка по получению дистиллированной воды,

- Установка по получению бидистиллированной воды,

- Участок для обработки химической посуды (водопровод, канализация),

Участок универсального вакуумного откачного поста, ВУП-5 трехфазный (380 В) потребляемая мощность 5 кВт (общая площадь 36 кв.м.).

Участок оптических исследований (общая площадь 18 кв.м):

- Эллипсомер – ЛЭФ 3М - 2 шт.

- Спектральный быстродействующий эллипсометрический комплекс (Эллипс – 1000 АСГ),

- Спектрофотометр СФ-56 Ломо Спектр,

- Спектрофотометр СФ-2000,

- Спектрофотометр СФ-26 Ломо,

- ИК спектрометр Spеcord M80,

- Участок оптической микроскопии (Универсальный прецизионный оптометрический комплекс).

Весовая (общая площадь 12 кв.м):

- Весы ExplorerPro,

- Установка ДСК анализа Thermal Analyser DTAS 1300.

Участок электрофизических и электродинамических исследований (общая площадь 18 кв.м) с приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением:

- Высокочастотный прецизионный измеритель RLC 6500 P,

- Высокочастотный прецизионный измеритель RLC 6400 B,

- Измеритель иммитанса LCR 819.

Участок зондовой туннельной микроскопии (общая площадь 9 кв.м):

- Нанотехнологический комплекс «Умка» – 4 шт.

Механический участок (общая площадь – 18 кв. м) с приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением:

- Токарный станок 1E61MT

- Фрезерный станок (тип 675)

- Сверлильный станок.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» и профилем подготовки «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети».

Автор, доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством, заведующий лабораторией микроэлектроники института физики СГУ, к.ф-м.н., доцент Д.В. Терин

Программа одобрена на заседании кафедры материаловедения, технологии и управления качеством от 01.09.2021 г., протокол № 1.