



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРАКТИКИ
ОЗНАКОМИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА

Код плана	<u>110304-2023-О-ПП-4г00м-00</u>
Основная образовательная программа высшего образования по направлению подготовки (специальности)	<u>11.03.04 Электроника и нанoeлектроника</u>
Профиль (программа)	<u>Нанотехнологии электроники и фотоники</u>
Квалификация (степень)	<u>Бакалавр</u>
Блок, в рамках которого происходит освоение модуля (дисциплины)	<u>Б2</u>
Шифр дисциплины (модуля)	<u>Б2.В.01(У)</u>
Институт (факультет)	<u>Институт информатики и кибернетики</u>
Кафедра	<u>наноинженерии</u>
Форма обучения	<u>очная</u>
Курс, семестр	<u>1 курс, 2 семестр</u>
Форма промежуточной аттестации	<u>зачет с оценкой</u>

Самара, 2023

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Паспорт фонда оценочных средств

Планируемые образовательные результаты	Этапы формирования компетенции	Оценочное средство
ПК-1 Способен моделировать технологические операции и рассчитывать их входные и выходные параметры		
ПК-1.1 Демонстрирует владение основными методами моделирования технологических операций и расчета их входных и выходных параметров		
знать: методы моделирования технологических операций; уметь: выбирать параметры технологических операций; владеть: методами моделирования технологических операций.	В соответствии с полученным заданием по практике произвести поиск информации и выбор типового технологического процесса ТП). Определит параметры ТП Промоделировать варианты построения последовательности технологических операций	Письменный отчет, устный доклад, собеседование
ПК-1.2 Применяет на практике моделирование и расчет параметров технологических операций		
знать: способы применения на практике результатов моделирования технологических операций; уметь: производить расчет параметров технологических операций; владеть: навыками практического применения данных знаний и умений.	К выбранным технологическим операциям задать параметры их реализации. Оценить возможные допуски на параметры процесса. Спрогнозировать возможные результаты при изменении того или иного параметра	Письменный отчет, устный доклад, собеседование
ПК-3 Способен составлять операционные и маршрутные технологические карты		
ПК-3.1 Использует знания о базовых технологических процессах при составлении операционных и маршрутных технологических карт		
знать: базовые технологические процессы; уметь: составлять операционные и маршрутные технологические карты; владеть: навыками проектирования технологических процессов.	Определить элементы каких базовых ТП составляют использованный вариант типового ТП. Сформировать примеры маршрутной и технологической карт данного ТП	Письменный отчет, устный доклад, собеседование
ПК-3.2 Соблюдает нормативные требования к технологической документации		
знать: нормативные требования к технологической документации; уметь: применять нормативные требования к технологической документации; владеть навыками оформления технологической документации.	Выполнить в соответствии со стандартом технологическую документацию в виде маршрутного ТП и примера операционной карты. Оформить отчет в соответствии с требованиями к тестовым документам.	Письменный отчет, устный доклад, собеседование
УК-10 Способен формировать нетерпимое отношение к проявлениям экстремизма, терроризма, коррупционному поведению и противодействовать им в профессиональной деятельности		
УК-10.2 Осуществляет социальную и профессиональную деятельность с учётом противодействия проявлениям экстремизма, терроризма, коррупционного поведения		
знать: способы социального взаимодействия в коллективе;	При выполнении работы кооперироваться с товарищами у	Письменный отчет, устный

уметь: работать в коллективе без обращения к коррупционным схемам; владеть: навыками социального взаимодействия.	которых близкий по содержанию типовой ТП. Не использовать при этом готовые решения, которые могут быть найдены у старшего поколения студентов.	доклад, собеседование
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде		
УК-3.1 Определяет свою роль в социальном взаимодействии и командной работе, учитывает особенности поведения и интересы других участников, исходя из стратегии сотрудничества, для достижения поставленной цели		
знать: способы определения своей роли в коллективе; уметь: работать в команде; владеть: навыками плодотворной работы в команде с учетом интересов всех участников.	Для выполнения сложных заданий возможно привлечение коллектива из 2-х и более студентов. В данном случае стоит определить фронт работ, выполняемый каждым участником группы.	Письменный отчет, устный доклад, собеседование
УК-3.2 Осуществляет разные виды коммуникации при работе команды		
знать: методы коммуникации при командной работе; уметь использовать данные методы для обеспечения плодотворной командной работы; владеть: навыками коммуникации внутри коллектива.	Общение студентов при выполнении задания по практике должно осуществляться непосредственно - очно. При невозможности очного общения необходимо освоить технические средства коммуникации и обмена информацией.	Письменный отчет, устный доклад, собеседование
УК-3.3 Соблюдает нормы и правила командной работы, несет ответственность за результат		
знать: нормы и правила командной работы; уметь: реализовать плодотворную командную работу с учетом соблюдения всех норм и правил; владеть: навыками работы в команде для получения результата.	Оценка групповых работ суммарная, а не по вкладу. Однако при отсутствии согласия между участниками группы необходимо рассмотрения индивидуального вклада каждого соисполнителя, что усилит ответственность за работу в целом.	Письменный отчет, устный доклад, собеседование
УК-9 Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности		
УК-9.1 Понимает базовые принципы функционирования экономики и экономического развития в различных областях жизнедеятельности		
знать: базовые принципы функционирования экономики; уметь применять знания для экономического развития; владеть: навыками экономического развития в различных областях жизнедеятельности.	При выборе варианта типового технологического процесса, возможных решений по технологическим операциям и допускам на их параметры следует стремиться к оптимальности принятия решений, в том числе с точки зрения экономики. Обосновано отвергая возможно лучшие решения в пользу более дешевых	Письменный отчет, устный доклад, собеседование

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1 Письменный отчет

2.1.1 Содержание и оформление письменного отчета

По итогам прохождения ознакомительной практики обучающийся предоставляет руководителю практики от университета письменный отчет, содержащий следующие элементы:

1. Титульный лист.
2. Задание(я) для выполнения определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью (сбор и анализ данных и материалов, проведение исследования).
3. Описательная часть.
4. Список использованных источников.
5. Приложения (при наличии).

Письменный отчет по практике в рамках описательной части включает разделы:

1 Литературный обзор.

ПК-1 (индикатор ПК-1.1) УК-10 (индикатор УК-10.2).

2 Выбор типового технологического процесса (ТП) и моделирование последовательности технологических операций с целью достижения поставленной цели.

ПК-1 (индикаторы ПК-1.1, ПК-1.2), УК-3 (индикаторы УК-3.1, УК -3.2, УК-3.3)

3. Оценка допусков на параметры тех технологических операций, которые будут задействованы в маршрутном ТП с оценкой их слияния на результат.

ПК-1 (индикатор ПК-1.1), УК-3 (индикаторы УК-3.1, УК -3.2, УК-3.3)

4. Маршрутный ТП с анализом элементов базовых ТП и пример технологических карт на маршрут и операцию.

ПК-3 (индикаторы ПК-3.1, ПК-3.2) УК-3 (индикаторы УК-3.1, УК -3.2, УК-3.3)

5. Оценка экономической эффективности принятых решений в соответствии с заданием.

УК-9 (индикаторы УК-9.1) УК-3 (индикаторы УК-3.1, УК -3.2, УК-3.3)

Объем отчета составляет около 20-25 страниц машинописного текста. Страницы текста и приложений должны соответствовать формату А4. Выполнение работ обязательно осуществлять в печатном виде, через 1,5 интервал, шрифт Times New Roman, кегль 14.

Оформление письменного отчета по практике осуществляется в соответствии общими требованиями к учебным текстовым документам, установленными в Самарском университете

2.1.2 Критерии оценки письменного отчета

- Оценка 5 («отлично») – выставляется, если отчет носит исследовательский характер, имеет грамотно изложенную постановку задач практики, содержит глубокий анализ, логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными предложениями, технические требования к оформлению отчета выполнены полностью.
- Оценка 4 («хорошо») – выставляется, если отчет имеет грамотно изложенную постановку задачи практики, содержит анализ, логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и предложениями, технические требования к оформлению отчета выполнены полностью.
- Оценка 3 («удовлетворительно») – выставляется, если отчет содержит анализ поставленных задач, имеет непоследовательное изложение материала с выводами и предложениями, технические требования к оформлению отчета выполнены с незначительными нарушениями.
- Оценка 2 («неудовлетворительно») – выставляется, если в отчете не изложен в полном объеме анализ поставленных задач, отсутствует последовательное изложение материала с выводами и предложениями, имеются грубые нарушения технических требований к оформлению отчета.

2.2 Устный доклад к письменному отчету

2.2.1 Содержание и сопровождение устного доклада к письменному отчету

Доклад по отчету по практике проводится в форме презентации в учебной аудитории с применением презентационного оборудования (проектор, экран, ноутбук/ компьютер). Презентация должна содержать не менее 12-15 слайдов с использованием возможностей анимации и различного оформления. Приветствуется наличие в презентации звукового сопровождения (комментариев) и наглядных примеров (видеозаписей и фотоизображений).

В докладе озвучиваются поставленные цель и задачи практики, а также способы и методы применяемые для их решения. Приводятся основные результаты проведенного исследования. Анализ данных представляется в виде таблиц, графиков, рисунков, диаграмм. В заключении демонстрируются выводы и предложения.

2.2.2 Критерии оценки устного доклада к письменному отчету

- Оценка 5 («отлично») – обучающийся демонстрирует высокий уровень умения анализировать и использовать различные источники информации, уверенно транслирует результаты исследования и отстаивает свою точку зрения.
- Оценка 4 («хорошо») - обучающийся демонстрирует высокий уровень умения анализировать и использовать различные источники информации, не уверенно транслирует результаты исследования, не отстаивая свою точку зрения;
- Оценка 3 («удовлетворительно») - обучающийся использует современные методы и методики анализа и использования различных источников информации, не уверенно транслирует результаты исследования, не отстаивая свою точку зрения;
- Оценка 2 («неудовлетворительно») - обучающийся не умеет анализировать и использовать различные источники информации, не способен транслировать результаты исследования.

2.3 Собеседование по содержанию письменного отчета, устного доклада и результатам практики

2.3.1 Контрольные вопросы к собеседованию по содержанию письменного отчета, устного доклада и результатам практики:

ПК-1 (индикаторы ПК-1.1, ПК-1.2)

1. Опишите варианты рассматриваемые Вами в процессе выбора типового технологического маршрута.
2. Обоснуйте реализованный выбор технологических операций при наполнении маршрутного процесса.
3. Какие параметры технологического процесса в Вашей работе являются ключевыми в каждой конкретной технологической операции?

ПК-3 (индикаторы ПК-3.1, ПК-3.2)

4. Опишите операции входящие в Ваш маршрутный ТП.
5. Выделите ключевые элементы базовых технологических маршрутов, которые используются в вашем типовом ТП.
6. Сформулируйте по известной Вам классификации на основе анализа элементов базовых тип избранного типового технологического маршрута.

УК-10 (индикатор УК-10.2).

7. При проведении литературного анализа и реализации выбора элементов процесса вы расставили наибольшее количество ссылок на первоисточники. Почему?
8. Сформулируйте по известной Вам классификации на основе анализа элементов базовых тип избранного типового технологического маршрута.

УК-3 (индикаторы УК-3.1, УК -3.2, УК-3.3)

9. Какова доля участия каждого студента группы (при групповом выполнении задания по практике)?
10. Почему вы выбрали для выполнения общей поставленной задачи данный раздел?
11. Какие средства коммуникации и взаимодействия в рамках группы вы использовали при формировании общего отчета и презентации?

УК-9 (индикаторы УК-9.1)

12. Почему приняли использовать данный элемент ТП, несмотря на его более высокую стоимость по сравнению с более простым?

13. На чем базируется оценка допусков на параметры технологического процесса?

14. Почему Вы не можете задать технологические параметры с очень жесткими допусками?

2.3.2 Критерии оценки собеседования по содержанию письменного отчета, устного доклада по результатам практики

- Оценка 5 («отлично») – обучающийся смог показать прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать профессиональные задачи, свободно использовать справочную и научную литературу, делать обоснованные выводы по результатам практики;
- Оценка 4 («хорошо») – обучающийся смог показать прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать практические задачи, ориентироваться в рекомендованной справочной и научной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных проблемных ситуаций;
- Оценка 3 («удовлетворительно») – обучающийся смог показать знания основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение практической задачи, обучающийся знаком с рекомендованной справочной и научной литературой;
- Оценка 2 («неудовлетворительно») – при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение находить решение поставленной перед ним задачи, обучающийся не знаком с рекомендованной литературой.

3. ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.1 Критерии оценки и процедура проведения промежуточной аттестации

Оценка по результатам прохождения практики включает в себя:

- 1) оценку, полученную в отзыве непосредственного руководителя практики;
- 2) оценку письменного отчета о прохождении практики, которая дается руководителем практики от кафедры (университета);
- 3) оценка устного доклада обучающегося;
- 4) оценка результатов собеседования.

Итоговая оценка рассчитывается по формуле:

$$O_u = \frac{O_1 + O_2 + O_3 + O_4}{4},$$

где

O_1 – оценка, полученная в отзыве;

O_2 – оценка письменного отчета;

O_3 – оценка устного доклада;

O_4 – оценка по результатам собеседования.



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРАКТИКИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ (ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ) ПРАКТИКА

Код плана	<u>110304-2023-О-ПП-4г00м-00</u>
Основная образовательная программа высшего образования по направлению подготовки (специальности)	<u>11.03.04 Электроника и нанoeлектроника</u>
Профиль (программа)	<u>Нанотехнологии электроники и фотоники</u>
Квалификация (степень)	<u>Бакалавр</u>
Блок, в рамках которого происходит освоение модуля (дисциплины)	<u>Б2</u>
Шифр дисциплины (модуля)	<u>Б2.В.02(П)</u>
Институт (факультет)	<u>Институт информатики и кибернетики</u>
Кафедра	<u>наноинженерии</u>
Форма обучения	<u>очная</u>
Курс, семестр	<u>2, 3 курсы, 4, 6 семестры</u>
Форма промежуточной аттестации	<u>зачет с оценкой, зачет с оценкой</u>

Самара, 2023

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Паспорт фонда оценочных средств

Планируемые образовательные результаты	Этапы формирования компетенции	Оценочное средство
ПК-2 Способность разрабатывать регламенты мероприятий по анализу и устранению причин брака		
ПК-2.1 Проводит анализ причин возникновения брака и предлагает варианты их устранения.		
Знать: причины возникновения брака электронных компонентов; Уметь: классифицировать брак по причине его возникновения; Владеть: навыками установления взаимосвязи между типом брака и вариантом его устранения;	Выполнить литературный обзор по тематике практики: - провести обзор отечественных научных журналов и изучить статьи по данной тематике; - провести обзор иностранных научных журналов и изучить статьи по данной тематике; - провести обзор российских центров превосходства по данной тематике, изучить их достижения в данном вопросе; - провести обзор зарубежных центров превосходства по данной тематике и изучить их достижения в данном вопросе.	Письменный отчет, собеседование, устный доклад
ПК-2.2 Оформляет регламенты мероприятий по устранению причин брака в соответствии с нормативной документацией		
Знать: основные мероприятия, необходимые к осуществлению после возникновения брака электронных компонентов. Уметь: оформлять регламенты мероприятий по устранению причин брака электронных компонентов. Владеть: нормами составления технологической документации.	Разработать физико-математическую модель (технологии, устройства, компонента, элемента и т.д.) и провести моделирование выходных параметров объекта на ее основе: - разработать физико-математическую модель (процесса, устройства и т.д.); - провести моделирование выходных параметров в зависимости от эксплуатационных и пр. характеристик; - изучить полученные результаты моделирования, сделать выводы.	Письменный отчет, собеседование
ПК-3 Способность составлять операционные и маршрутные технологические карты		
ПК-3.1 Использует знания о базовых технологических процессах при составлении операционных и маршрутных технологических карт;		
Знать: базовые технологические процессы микро- и нанoeлектроники; Уметь: разрабатывать маршрутные технологические карты базовых процессов микро- и нанoeлектроники; Владеть: навыками соблюдения нормативных требований при составлении технологической документации;	Провести экспериментальные исследования в заданной области Провести анализ результатов численных и натурных экспериментов, определить возможные причины расхождений, предложить пути усовершенствования объекта исследования.	Письменный отчет, собеседование
ПК-3.2 Соблюдает нормативные требования к технологической документации		
Знать: основы информационной теории измерительных процессов; Уметь: рассчитывать энтропийные критерии качества технологических процессов микро- и нанoeлектроники; Владеть: методиками экспериментального расчета энтропийных критериев качества технологических процессов.	Провести экспериментальные исследования в заданной области Провести анализ результатов численных и натурных экспериментов, определить возможные причины расхождений, предложить пути усовершенствования объекта исследования.	Письменный отчет, собеседование
ПК-4 Способность определять этапы изготовления электромеханической системы, формировать перечни оборудования и последовательности необходимых для ее изготовления технологических модулей и		

единичных операций		
ПК-4.1 Анализирует конструкцию и состав электромеханической системы при определении необходимых для ее изготовления технологических модулей и единичных операций и перечня необходимого оборудования;		
Знать: базовые конструктивные особенности микро- и наноразмерных электромеханических систем; Уметь: анализировать конструктивные особенности микро- и наноразмерных электромеханических систем для обеспечения их изготовления; Владеть: навыками определения перечня необходимого оборудования для реализации микро- и наноразмерных электромеханических систем;	Проанализировать конструкторско-технологическую документацию объекта исследования: - установить: конструктивные особенности изучаемой микро- и (или) наноразмерной электромеханической системы; - провести анализ технологических карт ее изготовления; - установить достоинства и недостатки конструкции (технологии); - внести рационализаторские предложения по конструкции и (или) технологии.	Письменный отчет, собеседование
ПК-4.2 Руководствуется критериями необходимости и достаточности при формировании перечня оборудования и последовательности необходимых для изготовления электромеханической системы технологических модулей и единичных операций		
Знать: нормативные требования к качеству реализации технологических процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем Уметь: определять качество реализации технологических процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем Владеть: навыками применения методов определения качества реализации технологических процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем;	Проанализировать конструкторско-технологическую документацию объекта исследования: - установить: конструктивные особенности изучаемой микро- и (или) наноразмерной электромеханической системы; - провести анализ технологических карт ее изготовления; - установить достоинства и недостатки конструкции (технологии); - внести рационализаторские предложения по конструкции и (или) технологии.	Письменный отчет, собеседование
ПК-6 Способность анализировать конструкции и технологии изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем по существующим источникам информации		
ПК-6.1 Анализирует конструкции микро- и наноразмерных электромеханических систем ;		
Знать: конструктивные особенности микро- и наноразмерных электромеханических систем; Уметь: разрабатывать конструкцию микро- и наноразмерных электромеханических систем с учетом специфики их работы; Владеть: навыками анализа конструктивных особенностей аналогов микро- и наноразмерных электромеханических систем, представленных в литературе, с целью синтеза новых с заданными (отличными от аналогов) свойствами;	Разработать (доработать, внести изменения) конструкторско-технологическую документацию на основе сформулированных в предыдущем разделе предложений.	Письменный отчет, собеседование
ПК-6.2 Анализирует технологии изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем		
Знать: методы устранения причин отклонений выходных параметров технологических операций с использованием лазеров Уметь: устранять причины отклонений выходных параметров технологических операций с использованием лазеров Владеть: навыками устранения причин отклонений выходных параметров	Разработать (доработать, внести изменения) конструкторско-технологическую документацию на основе сформулированных в предыдущем разделе предложений.	Письменный отчет, собеседование

технологических операций с использованием лазеров.		
--	--	--

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1 Письменный отчет

2.1.1 Содержание и оформление письменного отчета

По итогам прохождения технологической (проектно-технологической) практики обучающийся предоставляет руководителю практики от университета письменный отчет, содержащий следующие элементы:

1. Титульный лист.
2. Задание(я) для выполнения определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью (сбор и анализ данных и материалов, проведение исследования).
3. Описательная часть.
4. Список использованных источников.
5. Приложения (при наличии).

Письменный отчет по практике в рамках описательной части включает разделы
4 семестр

Письменный отчет по практике в рамках описательной части включает разделы:

- Раздел 1 Литературный обзор (Примерное содержание раздела 1: обзор отечественных источников, обзор зарубежных источников, перечень и специфика деятельности российских центров превосходства по теме практики, перечень и специфика деятельности зарубежных центров превосходства по теме практики, выводы по разделу.) ПК-2 (индикатор ПК-2.1)
- Раздел 2 Разработка физико-математической модели явления (устройства) (Примерное содержание раздела 2: физика явления, математический аппарат для описания физики явления, допущения, выводы по разделу). ПК-2 (индикатор ПК-2.1, ПК-2.2)
- Раздел 3 Моделирование явления (параметров устройства) (Примерное содержание раздела 3: случай А (стандартный), случай Б (граничный), ограничения принципиального и технического характера, конструктивные предложения по развитию заданного объекта исследования, выводы по разделу). ПК-3 (индикаторы ПК-3.1, ПК-3.2)

В разделе 1 приводятся основные сведения об организации, в которой проходила практика, отражаются основные виды деятельности организации.

В разделе 2 должно быть отражено выполнение следующих заданий, направленных на формирование компетенций:

ПК2 (Индикатор ПК-2.1, ПК-2.2)

Содержание задания 1. Охарактеризуйте состояние электронной отрасли в России.

Ответ: должен содержать характеристику текущего состояния электронной промышленности России, должны быть приведены их особенности.

Содержание задания 2: Приведите перечень российских центров превосходства в области микроэлектроники.

Ответ: должен содержать перечень основных микроэлектронных центров в России, например: АО «ПКС Миландр» (Зеленоград), АО НПЦ «ЭЛВИС», МЦСТ, Ангстрем, НИИМЭ и Микрон, Крокус Нанoeлектроника (КНЭ) и т.д.

Содержание задания 3. Постройте физико-математическую модель и найдите структуру энергетических уровней при движении электрона в периодическом поле одномерного кристалла с периодом $d=10\text{Å}$, глубина ямы 1 эВ , отношение ширины ямы к периоду равно $0,3$.

Ответ: с помощью уравнения Шредингера $\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + V(x)\psi = E\psi$ (1) должна быть решена задача.

Окончательный вид решения:

$$\begin{pmatrix} 1 & \exp(-k_2 b) \\ k_2 & -k_2 \exp(-k_2 b) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_2^+ \\ C_2^- \end{pmatrix} = \exp(ikd) \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ k_1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 \\ B_1 \end{pmatrix}$$

При этом, если принять:

$$\begin{pmatrix} \sin(k_1 a) & \cos(k_1 a) \\ k_1 \cos(k_1 a) & -k_1 \sin(k_1 a) \end{pmatrix} = F, \begin{pmatrix} A_1 \\ B_1 \end{pmatrix} = A, \quad \begin{pmatrix} \exp(-k_2 b) & 1 \\ k_2 \exp(-k_2 b) & -1 \end{pmatrix} = G, \begin{pmatrix} C_2^+ \\ C_2^- \end{pmatrix} = C,$$

$$\begin{pmatrix} 1 & \exp(-k_2 b) \\ k_2 & -k_2 \exp(-k_2 b) \end{pmatrix} = S, \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ k_1 & 0 \end{pmatrix} = P.$$

То получим:

$$FA = GC$$

$$SC = \exp(ikd)PA$$

$$F^{-1}FA = F^{-1}GC,$$

где F^{-1} – обратная матрица, для которой справедлива следующая запись:

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} d & -b \\ -c & a \end{pmatrix} (ad - cb)^{-1}$$

$$A = F^{-1}GC,$$

$$SC = \exp(ikd)PF^{-1}GC$$

$$P^{-1}SC = \exp(ikd)P^{-1}PF^{-1}GC$$

$$P^{-1}SC - \exp(ikd)F^{-1}GC = 0$$

$$(P^{-1}S - \exp(ikd)F^{-1}G)C = 0$$

$$M(k, E)C = 0,$$

$$\text{где } (P^{-1}S - \exp(ikd)F^{-1}G) = M.$$

$$\det M(k, E) = 0$$

$$\det M(k, E) = W(k, E, V_0, a, d) = 0 \quad (701)$$

Содержание задания 4. Реализуйте предыдущую задачу в Matlab

Ответ: должен содержать содержимое нескольких файлов: само решение, файл ENERGY_FOR_K4.m, файл TEST_ENERGY_ZONE4.m

Содержание задания 5. Рассчитать структуру энергетических уровней в квантовой яме с шириной a и глубиной ямы V . Найти такие значения a и V , чтобы количество энергетических уровней было равно 1, 2, 3.

Ответ:

с помощью уравнения Шредингера $\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + V(x)\psi = E\psi$ (1) должна быть решена задача.

Окончательный вид решения:

$$2 \sqrt{-\frac{2mE}{\hbar^2}} \sqrt{\frac{2m(E-V_0)}{\hbar^2}} \cos\left(\sqrt{\frac{2m(E-V_0)}{\hbar^2}} a\right) - \left(\frac{2m(E-V_0)}{\hbar^2} + \frac{2mE}{\hbar^2}\right) \sin\left(\sqrt{\frac{2m(E-V_0)}{\hbar^2}} a\right) = 0$$
$$f(E) = 0$$
$$\text{где } f(E) = 2 \sqrt{-\frac{2mE}{\hbar^2}} \sqrt{\frac{2m(E-V_0)}{\hbar^2}} \cos\left(\sqrt{\frac{2m(E-V_0)}{\hbar^2}} a\right) - \left(\frac{2m(E-V_0)}{\hbar^2} + \frac{2mE}{\hbar^2}\right) \sin\left(\sqrt{\frac{2m(E-V_0)}{\hbar^2}} a\right)$$

В разделе 3 должно быть отражено выполнение следующих заданий, направленных на формирование компетенций:

ПК-3 (Индикатор ПК-3.1, ПК-3.2)

Содержание задания 1: Сформулируйте ограничения принципиального характера о области исследования.

Ответ: должен содержать ограничения принципиального характера, которые обоснованы физическими законами (например, из области статистической физики, физики твердого тела, физических основ электроники, квантовой физики и т.д.). Должны быть приведены математические формулы по расчету параметров, которые могут быть применены при анализе конструктивно-технологических вопросов.

Содержание задания 2: Сформулируйте ограничения технического характера о области исследования.

Ответ: должен содержать ограничения технического характера, которые обоснованы характеристиками оборудования, показателями материалов, технико-экономическими параметрами и т.д. Должны быть приведены математические формулы по расчету параметров, которые могут быть применены при анализе конструктивно-технологических вопросов.

Содержание задания 3: Приведите специфику деятельности российских центров превосходства в области микроэлектроники.

Ответ: должен содержать специфику деятельности российских центров превосходства, например: АО «ПКК Миландр» (Зеленоград) разрабатывает 16-разрядный процессор цифровой обработки сигналов и 2-ядерный процессор: 1967ВЦ1Т — 16-разрядный процессор цифровой обработки сигналов, частота 50 МГц, КМОП 0,35 мкм (2011)[30], 1901ВЦ1Т — 2-ядерный процессор, DSP (100 МГц) и RISC (100 МГц), КМОП 0,18 мкм (2011).

НТЦ «Модуль» разработал и предлагает микропроцессоры семейства NeuroMatrix:

СБИС 1879ВМЗ — программируемый микроконтроллер с ЦАП и АЦП. Частота выборок — до 600 МГц (АЦП) и до 300 МГц (ЦАП). Максимальная тактовая частота — 150 МГц.

Содержание задание 4. Сформулируйте, в чем заключаются перспективы развития электронной промышленности в России.

Ответ: должен содержать перспективы развития электронной промышленности в России. Должна быть упомянута стратегия развития до 2025 года, в которой указаны основные направления, помогающие вывести промышленность на новый уровень. Цель стратегии – выявить и нивелировать основные технологические, экономические, социальные факторы. Важными тезисами считаются:

- Востребованность во многих сферах жизнедеятельности современного человека. Электроника нужна в промышленности, связи, транспорте, ЖКХ и так далее.
- Высокий уровень доходности и рост рынка. Эффективность восстановления и улучшения сферы сопровождается экономическими расчетами.
- Прогрессивность и дальнейшее развитие. Для вхождения в новый технологический уклад необходимо развивать средства автоматизации и индивидуализации.
- Еще одной важной позицией считается уровень государственной безопасности. Электроника – это ключ к обеспечению надежной и высокоэффективной армии.

Содержание задания 5. Дайте понятие брак на электронном предприятии.

Ответ: должен содержать упоминания о том, что основные требования устанавливаются законодательными актами страны, стандартами, нормативно-технической документацией предприятия или иными аналогичными регламентирующими документами.

Дефектом является каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям, а продукция, имеющая хотя бы один дефект, называется дефектной (браком, бракованной продукцией). Бездефектная продукция считается годной.

Перечень, вид и предельно-допустимые значения параметров, характеризующих дефекты, определяются показателями качества продукции и данными, приведёнными в нормативно-технической документации предприятия на изготавливаемую продукцию.

Различают исправимый производственный брак и окончательный производственный брак. К исправимому относится продукция, которую технически возможно и экономически целесообразно исправить в условиях предприятия-производителя; к окончательному — изделия с дефектами, устранение которых технически невозможно или экономически невыгодно. Такие изделия подлежат утилизации как отходы производства, либо реализуются изготовителем по цене значительно ниже, чем такое же изделие без брака (ущербный товар).

По времени выявления производственный брак продукции может быть внутренним (выявленным на стадии производства или на заводском складе) и внешним (обнаруженным покупателем или иным лицом, использующим данную продукцию, некачественный товар). Следует иметь в виду, что товар, признанный потребителем некачественным, формально таковым может и не быть. Это связано с расхождением в понимании, что считается дефектом по мнению покупателя (субъективное мнение), и что — в соответствии с нормативно-технической документацией предприятия (официально).

6 семестр

- Раздел 1 Литературный обзор (Примерное содержание раздела 1: обзор отечественных источников, обзор зарубежных источников, перечень и специфика деятельности российских центров превосходства по теме практики, перечень и специфика деятельности зарубежных центров превосходства по теме практики, выводы по разделу.) ПК-2 (индикатор ПК-2.1)

- Раздел 2 Анализ конструкторско-технологической документации. (Примерное содержание раздела 2: конструктивные особенности изучаемой микро- и (или) наноразмерной электромеханической системы, анализ технологических карт ее изготовления, анализ достоинств и недостатков конструкции (технологии), предложения по улучшению, выводы по разделу). ПК-4 (индикаторы ПК-4.1, ПК-4.2)

- Раздел 3 Разработка (доработка, внесение изменений) конструкторско-технологической документации. (Примерное содержание раздела 3: внесение изменений в конструкторско-технологическую документацию объекта исследования на основе сформулированных в разделе 2 предложений, выводы по разделу). ПК-6 (индикаторы ПК-6.1, ПК-6.2)

В разделе 1 приводятся основные сведения об организации, в которой проходила практика, отражаются основные виды деятельности организации.

В разделе 2 должно быть отражено выполнение следующих заданий, направленных на формирование компетенций:

ПК-4 (Индикатор ПК-4.1, ПК-4.2)

Содержание задания 1. Сформулируйте, что такое маршрутная карта.

Ответ: должен (приблизительно) содержать следующую информацию.

Маршрутная карта – документ, содержащий описание технологического процесса изготовления изделия со всеми операциями в технологической последовательности с указанием соответствующих данных по оборудованию, оснастке, материалам, трудовым и другим нормативам. На микросхемы, имеющие один и тот же чертеж, но изготавливаемые по разным логическим процессам, составляются разные варианты маршрутных карт.

Маршрутная карта оформляется в соответствии с ГОСТ 3.1105-84 и ГОСТ 3.1103-82. Все технологические сведения располагаются в таблицы, в которой в порядке последовательности выполнения даются номера и перечень операций, соответствующее им оборудование, оснастка и нормативные данные. Наименование операций выражают именем существительным, например, НАПЫЛЕНИЕ ПЛАТЫ, или именем прилагательным, производным от вида оборудования, например, ШЛИФОВОЧНАЯ. Операции нумеруются арабскими цифрами. Подписи лиц, разработавших и утвердивших маршрутную карту располагаются сверху или снизу.

Маршрутные карты помещают в начале альбома операционных карт. На особо ответственные изделия оформляют сопроводительные маршрутно-технологические паспорта, которые передаётся с одного рабочего места на другое вместе с микросхемой.

Исполнители расписываются в нём за каждую выполненную операцию. Технологический паспорт по необходимости оформляют с титульным листом, картой измерений, картой эскизов и схем.

Состав операций, подлежащих включению в паспорт, определяется службой главного технолога и согласовывается со службой технического контроля. Технологические паспорта заполняют по формам I и 1а ГОСТ 3.1503-74.

Содержание задания 2 Сформулируйте, что такое комплект технологических инструкций.

Ответ: должен (приблизительно) содержать следующую информацию.

Технологическая инструкция – документ, содержащий описание специфических приемов работы, методик контроля, правил пользования оборудованием и приборами (условия вакуумной гигиены), а также описание физико-химических явлений, происходящих при выполнении отдельных операций технологического процесса. Форма инструкции произвольная. В инструкции должны быть ответы не только на вопросы, что и как делать, но и почему так делать и что при этом происходит. Например, в инструкции по отжигу тонкопленочных конденсаторов приведена кривая изменения подъема температуры и скорости охлаждения. Основные надписи оформляют в соответствии с ГОСТ 3.1103-82.

Содержание задания 3. Сформулируйте этапы разработки интегральных микросхем.

Ответ: должен (приблизительно) содержать следующую информацию.

Разработку интегральных микросхем выполняют в несколько этапов:

1. Составление технологических требований на микросхему на основе технического

задания (ТЗ) заказчика и общих технических требований (ОТТ) на микросхемы.

2. Анализ принципиальной электрической схемы устройства, её элементов, выбор принципа компоновки (функциональный или интегральногрупповой), выбор структуры технологического процесса.

3. Проектирование элементов ГИС, разработка топологии ГИС и БГИС, выбор типоразмеров корпусов.

4. Разработка частных технических условий (ЧТУ) на микросхемы, разработка конструкторской и технологической документации.

5. Изготовление экспериментальных образцов.

6. Проведение полного цикла испытаний ИМС на основе частных технических условий на микросхемы.

7. Отбраковка и коррекция: частных технических условий, конструкторской и технологической документации по результатам испытаний.

Содержание задания 4. Проведите анализ технического задания на изготовление микросхемы.

Ответ: должен (приблизительно) содержать следующую информацию.

Схема электрическая принципиальная позволяет судить о сложности коммутации между отдельными элементами, числе контактных площадок для внешних соединений и навесных компонентов, возможном размещении контактных площадок. Функциональные узлы с большим числом входов и выходов (например, устройства дискретной вычислительной техники) обычно размещают на подложках с двухсторонним расположением контактных площадок по широкой стороне подложки. Аналоговые функциональные узлы (например, многокаскадные усилители) часто имеют малое число входов и выходов. Склонность таких устройств к самовозбуждению заставляет располагать входные и выходные контактные площадки с разных сторон подложки.

Анализ номиналов пассивных элементов и допусков на них позволяет сделать вывод о возможности реализации этих элементов в пленочном исполнении или о необходимости применения навесных, в том числе и подстроечных элементов.

Наличие в схеме резисторов и конденсаторов с большим диапазоном номиналов усложняет технологический процесс изготовления микросхем и ухудшает их характеристики. Для раздельного изготовления пассивных элементов с малыми и большими номиналами приходится применять материалы с различными свойствами, что позволяет получать хорошие конструктивные характеристики микросхем, но в то же время усложняет технологический процесс. Заданная величина допусков на номиналы пассивных элементов влияет на их конструктивные параметры и налагает дополнительные ограничения на характеристики техпроцесса. Увеличение геометрических размеров плёночных элементов в ряде случаев позволяет снизить погрешности воспроизведения номиналов, но размеры микросхемы при этом возрастают.

Особое внимание следует обращать на рабочие напряжения конденсаторов и мощности, рассеиваемые резисторами, так как от их величины зависит выбор материалов резистивных и емкостных элементов, материала и размеров подложки, условий изготовления микросхемы. Иногда изготовление тонкопленочных конденсаторов с большим рабочим напряжением и резисторов с большими рассеиваемыми мощностями оказывается нецелесообразным из-за сложности технологического процесса изготовления и усложнения конструкции микросхемы; в таких случаях следует применять навесные компоненты.

При выборе материала подложки, материалов для изготовления пассивных элементов, выборе конструкции и взаимного расположения элементов необходимо учитывать характеристики воздействующего сигнала. Например, длительность фронта

импульса позволяет судить о ширине спектра импульсного сигнала. Материал диэлектрической пленки тонкопленочного конденсатора должен обеспечивать малые потери на верхних частотах спектра. При выполнении этого условия возможно прохождение сигнала по цепям микросхемы без искажения фронтов. Следует помнить, что частотные характеристики резистивных и емкостных элементов зависят от их конструкции.

При повышенных требованиях к помехоустойчивости необходимо максимальное разнесение контактных площадок и проводников входных и выходных цепей, обеспечение низкого сопротивления шин питания и заземляющих проводников, применение металлических корпусов.

В процессе анализа технического задания намечаются возможные конструктивно-технологические мероприятия, направленные на обеспечение требуемой надежности и снижение стоимости микросхемы. Для обеспечения надежности по постепенным отказам необходимо оценить допуски на отдельные технологические операции изготовления пассивных элементов. Вероятность возникновения внезапных отказов уменьшается при рациональном выборе материалов (с учетом условий эксплуатации) и применении конструктивных мер повышения надежности.

Выводы, сделанные в процессе анализа технического задания, позволяют получить предварительную информацию о конструктивно-технологических особенностях разрабатываемой микросхемы, которая совместно с дополнительными сведениями (экономические показатели, требования к габаритам и массе, надежности и т.д.) используется для разработки эскизного варианта микросхемы.

Содержание задания 5. Сформулируйте, в чем суть топологической разработки микросхемы.

Ответ: должен (приблизительно) содержать следующую информацию.

Разработка топологии является одним из основных этапов конструирования гибридных пленочных микросхем, на котором решается задача размещения пленочных элементов микросхемы с учетом требований технического задания, особенностей электрической принципиальной схемы и технологических возможностей производства, а также выводов, сделанных на этапе эскизного проектирования. В процессе разработки топологии определяется взаимное расположение пленочных элементов микросхемы, уточняются их форма и геометрические размеры, выбираются места расположения контактных площадок.

Размещая элементы, необходимо стремиться к тому, чтобы их форма была наиболее простой, а занимаемая площадь – минимальной. Рекомендуются проектировать топологию микросхемы в прямоугольной системе координат. Придание элементам форм, содержащих отрезки прямых, не параллельных осям координат, допустимо лишь в тех случаях, когда это приводит к значительному упрощению формы элементов.

Исходными данными для разработки топологии являются электрические и конструктивные данные и требования, основные технологические данные и ограничения.

Общие и специальные электрические и конструктивные данные и требования разрабатываются на этапе предварительного проектирования, включающего разработку электрической схемы и общую компоновку проектируемой микросхемы. Основные технологические данные и ограничения формулируются в соответствии с достигнутым уровнем технологии микросхем и могут изменяться и уточняться в процессе совершенствования технологических процессов.

ПК-6 (Индикаторы ПК-6.1, ПК-6.2)

Содержание задания 1. Сформулируйте конструктивно-технологические особенности техпроцессов, используемых при изготовлении тонкопленочных ГИМС.

Ответ: должен (приблизительно) содержать следующую информацию.

Тонкоплёночные ИМС получают путем послойного нанесения (термическим напылением или ионным распылением в вакууме) пленок резистивных, проводящих, диэлектрических и других материалов на поверхность диэлектрического основания (подложки) с одновременным формированием рисунка элементов и проводников с помощью затеняющих (съёмных) масок. Другим, более точным способом формирования рисунка, является метод фотолитографии, при котором рисунок формируется путем последовательного травления нанесенных друг на друга тонких пленок через контактные маски из фоторезиста – светочувствительного материала, который в жидком состоянии наносят на пленки, сушат, экспонируют (засвечивают), проявляют и задубливают.

Как правило, толщина резистивных пленок составляет несколько сот (100 ... 300) ангстрем ($\text{\AA}$), толщина соединительных проводников и обкладок конденсаторов – 2000 ... 6000 $\text{\AA}$ (0,2 ... 0,6 мкм), толщина диэлектрика зависит от требуемой ёмкости конденсаторов, однако она обычно находится в пределах 0,2 ... 2 мкм: нижнее значение определяется величиной рабочего напряжения, верхнее – внутренними напряжениями в пленках диэлектрика, – при больших толщинах пленки диэлектрика склонны к разрушению.

Общая толщина пленочной ИМС определяется в основном толщиной подложки и высотой навесных компонентов. Широко распространенные подложки из ситалла СТ 50-1 имеют толщину 0,6 и 1,6 мм.

Схему какого-либо радиоэлектронного устройства можно изготовить на одной плате, свести к отдельным элементам на отдельных платах, свести к узлам, т.е. выполнить отдельные части схемы на отдельных платах.

В первом случае увеличивается плотность монтажа ИМС, однако уменьшается процент выхода годных микросхем при изготовлении, велик процент брака. Второй вариант аналогичен конструкциям на дискретных элементах, габариты и масса таких конструкций велики. Наиболее часто используют третий вариант, причем деление схемы на части осуществляют, как правило, по функциональному принципу.

Пленочные ИМС бывают однослойными и многослойными. Однослойными считают такие ИМС, в которых использован один слой диэлектрика; например, тонкопленочный конденсатор, состоящий из нижней обкладки, диэлектрика и верхней обкладки, представляет собой однослойную ИМС. Многослойные ИМС имеют большее число диэлектрических слоев.

Достоинствами однослойных ИМС являются простота технологического процесса, высокая надежность, высокая точность, возможность контроля и подгонки, частичная ремонтоспособность, низкая вероятность брака при изготовлении. Достоинства многослойных ИМС – высокая плотность компоновки, широкий диапазон номиналов резисторов и конденсаторов, возможность изготовления R–C–NR и C–R–NC– структур.

Содержание задания 2. Сформулируйте конструктивно-технологические особенности техпроцессов, используемых при изготовлении толсто пленочных ГИМС.

Ответ: должен (приблизительно) содержать следующую информацию.

Пассивные элементы толсто пленочных ГИС получают локальным нанесением на подложку полужидких пастстеклоэмалей с последующей их сушкой и вжиганием в подложку. Последовательность технологических операций при нанесении толстых пленок следующая:

а) нанесение слоя пасты на подложку через маску – накладной трафарет (отсюда название – метод трафаретной печати);

б) выжигание (испарение) растворителя при температуре 300...400 °С и тем самым превращение пасты из полужидкого состояния в твердое;

в) вжигание затвердевшего вещества пасты в подложку – спекание при температуре

500 ... 700 °C (в зависимости от состава пасты).

Операция вжигания – самая ответственная в технологическом цикле; она требует стабилизации температуры с точностью ± 1 °C.

В основе всех паст-стеклоэмалей лежит так называемая фритта – тончайший порошок стекла, к которому, в зависимости от назначения пасты, примешивается порошок резистивного, проводящего или диэлектрического материала. Дисперсная (т.е. совершенно однородная) смесь фритты и примесного материала приобретает вязкость при добавлении специальных органических веществ и растворителей. На этапе выжигания растворитель испаряется, а органические вещества связывают частицы порошка в единую компактную массу.

Для проводящих паст примесью обычно служит серебро или золото, для резистивных – смесь серебра и палладия (1:1), а для диэлектрических – титанат бария с высокой диэлектрической проницаемостью. Варьируя материал и процентное содержание примесей, можно изменять электрические параметры пленок в широких пределах.

Масками для нанесения паст на подложку служат сетчатые трафареты. Они представляют собой тонкую сетку из капрона или нержавеющей стали, натянутую на дно рамки (вначале исходным материалом для сеток был шелк, поэтому методику нанесения паст через сетчатые трафареты часто называют шелкографией).

Размер ячеек сетки – около 100 мкм, диаметр нитей – около 50 мкм.

Большая часть сетки покрыта пленкой задубленного фоторезиста, в тех местах, где нужно продавить пасту, в пленке имеются окна. Рисунок окон получают методом фотолитографии. Учитывая ячеистую структуру сетки, размеры окон трудно сделать менее 10...200 мкм. Это предопределяет минимальные размеры элементов толстопленочных ИМС и ширину линий.

Рамка с трафаретом заполняется пастой и размещается над подложкой на расстоянии 0,5 – 1 мм. После этого на сетку опускается специальный нож – ракель, который, перемещаясь вдоль рамки, продавливает пасту через отверстия в сетке. Несмотря на простоту идеи продавливания, эта операция прецизионная; на качество будущей пленки и повторяемость результатов оказывают влияние угол заточки ракеля, его наклон относительно подложки, скорость перемещения и другие факторы.

Вообще говоря, сетка на трафарете не обязательна: можно продавливать пасту и через сплошные отверстия. Однако при этом трудно получать длинные проводники сложной формы, так как трафарет становится нежестким и провисает. Обычно толщина получаемых пленок составляет 20...40 мкм.

Подложки для толстопленочных ГИС должны обладать повышенной теплопроводностью, так как толстопленочные ИМС чаще используют для изготовления мощных схем. Поэтому в качестве подложек используют высокоглиноземистые (96% Al_2O_3) и бериллиевые керамики (99,5% BeO); последние в 7...10 раз превышают глиноземистые по теплопроводности, но уступают им по прочности. Важной отличительной особенностью подложек для толстопленочных ИМС является то, что их поверхность должна быть достаточно шероховатой, чтобы обеспечить необходимую адгезию с веществом пасты. Степень шероховатости характеризуется неровностями до 1 ... 2 мкм.

Методы монтажа навесных компонентов на платы с толстыми пленками те же, что и у тонкопленочных ГИМС, но размеры контактных площадок делают больше: 400x400 мкм.

В целом толстопленочная технология характерна простотой и низкой стоимостью ИМС. Однако по сравнению с тонкопленочной технологией плотность компоновки оказывается меньше (из-за больших размеров проводников и элементов), а разброс параметров – больше (из-за неконтролируемой толщины пленок).

Содержание задания 3. Сформулируйте конструктивно-технологические особенности техпроцессов, используемых при изготовлении полупроводниковых ИМС.

Ответ: должен (приблизительно) содержать следующую информацию.

В основе изготовления современных ИМС и БИС лежит планарная технология. Несмотря на разнообразие типов полупроводниковых ИМС, технологические процессы их изготовления основаны на чередовании нескольких основных операций, которые являются общими для всех приборов. Такими операциями являются:

1. Резка слитков кремния на пластины и механическая обработка пластин (шлифовка, полировка).
2. Химическая обработка для очистки поверхности пластин от поврежденных на предыдущих операциях кристаллов.
3. Окисление пластин кремния для получения плёнки SiO_2 , маскирующей поверхность при последующих операциях локального легирования.
4. Фотолитография - для образования окон в плёнке SiO_2 с целью последующего легирования кремния и формирования металлических соединений.
5. Эпитаксиальное наращивание кремния на кремниевые или инородные (сапфировые и др.) подложки (пластины).
6. Легирование кремния примесями методами диффузии или ионного внедрения.
7. Нанесение тонких металлических плёнок на поверхность пластины для создания контактов к слоям и получения соединений между элементами.
8. Проверка параметров всех ИМС, полученных на одной пластине, для отбраковки неработоспособных.
9. Разделение пластины на кристаллы (скрайбирование) и сборка годных ИМС.
10. Технологические испытания на механическую прочность, устойчивость к циклическому воздействию температуры, влагостойкость.
11. Окончательная проверка параметров ИМС.

В течение технологического цикла изготовления ИМС некоторые из этих операций могут повторяться неоднократно.

Названные технологические процессы, являющиеся основой планарной технологии, входят в технологию изготовления любой ИМС. Для изготовления больших и сверхбольших ИМС (БИС и СБИС) разработана модифицированная планарная технология, получившая название изопланарной. Она включает дополнительные операции по получению рельефной поверхности на кремнии методом химического травления, нанесения на поверхность кремния пленки нитрида кремния, изготовления многоуровневой металлической разводки.

При изготовлении БИС и СБИС для уменьшения размеров рисунка в пленке SiO_2 может применяться не фотолитография, а другие методы, основанные на использовании более коротковолнового излучения – рентгенолитография и электролитография, а также методы ионноплазменного травления вместо обычного жидкостного травления.

Содержание задания 4. Сформулируйте, в чем заключается целесообразность использования гибридного конструктивно-технологического варианта изготовления микросхемы.

Ответ: должен (приблизительно) содержать следующую информацию.

Целесообразность использования определяется следующими соображениями:

1. Аналоговые устройства предпочтительнее изготавливать по гибридной технологии, так как площадь пассивных компонентов превосходит площадь активных компонентов.
2. Затраты на оборудование для производства тонкопленочных гибридных интегральных микросхем значительно меньше, чем для производства полупроводниковых

схем того же типа.

3. Параметры тонкопленочных элементов имеют более широкий диапазон номиналов, меньшие пределы допусков, более высокие добротность, температурную и временную стабильность и другие преимущества по отношению к элементам полупроводниковых ИМС.

4. ГИМС способны рассеивать значительно большую мощность, чем полупроводниковые ИМС.

5. В связи с возможностью использования навесных компонентов стандартной формы и размеров облегчается автоматизация процесса установки и монтажа навесных компонентов на подложке. Современные сборочные автоматы позволяют проводить монтаж компонентов на плате со скоростью несколько тысяч кристаллов в час. Однако по плотности упаковки и надежности работы ГИМС уступают полупроводниковым ИМС

Содержание задания 5. Сформулируйте требования, предъявляемые к материалам для получения тонких резистивных пленок.

Ответ: должен (приблизительно) содержать следующую информацию.

К материалам для резистивных плёнок предъявляются следующие требования.

1. Высокое удельное сопротивление – для получения малых размеров резисторов.
2. Возможность получения широкого диапазона номинальных значений сопротивлений.
3. Стабильность параметров, т.е. устойчивость к воздействию температуры, влажности, протеканию тока и т.д.
4. Низкий температурный коэффициент сопротивления (ТКС).
5. Высокая воспроизводимость параметров при напылении различных образцов.
6. Низкий уровень шумов.
7. Хорошие высокочастотные свойства.
8. Высокая адгезия к материалу подложки.

Рекомендуемый объем отчета составляет около 20-25 страниц машинописного текста. Страницы текста и приложений должны соответствовать формату А4. Выполнение работ обязательно осуществлять в печатном виде, через 1,5 интервал, шрифт Times New Roman, кегль 14.

Оформление письменного отчета по практике осуществляется в соответствии с общими требованиями к учебным тестовым документам, установленными в Самарском университете.

2.1.2 Критерии оценки письменного отчета

Оценка 5 («отлично») – выставляется, если отчет носит исследовательский характер, имеет грамотно изложенную постановку задач практики, содержит глубокий анализ, логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными предложениями, технические требования к оформлению отчета выполнены полностью.

Оценка 4 («хорошо») – выставляется, если отчет имеет грамотно изложенную постановку задачи практики, содержит анализ, логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и предложениями, технические требования к оформлению отчета выполнены полностью.

Оценка 3 («удовлетворительно») – выставляется, если отчет содержит анализ поставленных задач, имеет непоследовательное изложение материала с выводами и предложениями, технические требования к оформлению отчета выполнены с

незначительными нарушениями.

Оценка 2 («неудовлетворительно») –выставляется, если в отчете не изложен в полном объеме анализ поставленных задач, отсутствует последовательное изложение материала с выводами и предложениями, имеются грубые нарушения технических требований к оформлению отчета.

2.2 Устный доклад к письменному отчету

2.2.1 Содержание и сопровождение устного доклада к письменному отчету

Доклад по отчету по практике проводится в форме презентации в учебной аудитории с применением презентационного оборудования (проектор, экран, ноутбук/ компьютер). Презентация должна содержать не менее 12-15 слайдов с использованием возможностей анимации и различного оформления. Приветствуется наличие в презентации звукового сопровождения (комментариев) и наглядных примеров (видеозаписей и фотоизображений).

В докладе озвучиваются поставленные цель и задачи практики, а также способы и методы применяемые для их решения. Приводятся основные результаты проведенного исследования. Анализ данных представляется в виде таблиц, графиков, рисунков, диаграмм. В заключении демонстрируются выводы и предложения.

ПК2 (Индикатор ПК-2.1, ПК-2.2)

Содержание задания: Составить устный доклад к письменному отчету.

Ответ: Устный доклад должен содержать цели, задачи, основные технические характеристики и особенности конструкции, технологического процесса, моделируемого процесса, выводы и дальнейшие рекомендации.

2.2.2 Критерии оценки устного доклада к письменному отчету

Оценка 5 («отлично») – обучающийся демонстрирует знание основных категорий и понятий; свободно владеет профессиональной терминологией, понимает как физику, так и математических аппарат объекта исследования.

Оценка 4 («хорошо») - обучающийся демонстрирует знание основных категорий и понятий; владеет профессиональной терминологией на уровне, достаточном для понимания сути явления (объекта), в целом понимает физику явления (функционирования объекта), но затрудняется с математическим аппаратом.

Оценка 3 («удовлетворительно») - демонстрирует знание только основных категорий и понятий, без детализации, путается в профессиональной терминологии, в ряде случаев не демонстрирует взаимосвязь между физикой явления и математическим аппаратом.

Оценка 2 («неудовлетворительно») - обучающийся не понимает сути темы исследования, не использует профессиональную терминологию, доклад наполнен общими рассуждениями; выводы не обоснованы (взяты непосредственно из литературных источников без проработки).

2.3 Собеседование по содержанию письменного отчета, устного доклада и результатам практики

2.3.1 Контрольные вопросы к собеседованию по содержанию письменного отчета, устного доклада и результатам практики:

4 семестр

ПК-2 (индикатор ПК-2.1)

1. Опишите цели и задачи практики.
2. Сформулируйте текущее положение дел по результатам исследования отечественных источников информации.
3. Сформулируйте текущее положение дел по результатам исследования зарубежных источников информации.
4. В чем специфика деятельности российских центров превосходства по теме исследования? Каковы их достижения? Ближайшие и долгосрочные планы исследований?
5. В чем специфика деятельности зарубежных центров превосходства по теме исследования? Каковы их достижения? Ближайшие и долгосрочные планы исследований?

ПК-2 (индикатор ПК-2.2)

6. Сформулируйте основные физические положения, применимые к объекту исследования?
7. В чем специфика математического аппарата, выбранного для описания физики явления?
8. Сформулируйте допущения и ограничения, принятые при разработке физико-математической модели объекта исследования?
9. Прокомментируйте результаты моделирования.
10. В чем практический смысл полученных результатов?

ПК-3 (индикаторы ПК-3.1, ПК-3.2)

11. Сформулируйте ограничения принципиального характера (на основе результатов моделирования).
12. Сформулируйте ограничения технического характера (на основе результатов моделирования).
13. В чем вы видите дальнейшее развитие данной тематике?

6 семестр

ПК-2 (индикатор ПК-2.1)

1. Опишите цели и задачи практики.
2. Сформулируйте текущее положение дел по результатам исследования отечественных источников информации.
3. Сформулируйте текущее положение дел по результатам исследования зарубежных источников информации.
4. В чем специфика деятельности российских центров превосходства по теме исследования? Каковы их достижения? Ближайшие и долгосрочные планы исследований?
5. В чем специфика деятельности зарубежных центров превосходства по теме исследования? Каковы их достижения? Ближайшие и долгосрочные планы исследований?

ПК-4 (индикаторы ПК-4.1, ПК-4.2), ПК-6 (индикаторы ПК-6.1, ПК-6.2),

6. Сформулируйте основные конструктивные особенности объекта исследования?
7. Сформулируйте основные технологические особенности объекта исследования?
8. Сформулируйте достоинства и недостатки объекта исследования с точки зрения конструкции и технологии изготовления?
9. Приведите конструкцию объекта исследования. Проведите ее анализ с точки зрения дальнейших доработок.
10. Приведите технологические карты изготовления объекта исследования. Проведите их анализ с точки зрения дальнейших доработок.
11. Каковы основные причины брака при изготовлении объекта исследования?

12. Какие нормативные требования были вами соблюдены при разработке конструкторско-технологической документации?

13. Прокомментируйте выбор перечня необходимого оборудования для реализации объекта исследования.

14. Прокомментируйте результаты прохождения практики.

15. В чем вы видите дальнейшее развитие данной тематике?

2.3.2 Критерии оценки собеседования по содержанию письменного отчета, устного доклада по результатам практики

Оценка 5 («отлично») – обучающийся смог показать прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать профессиональные задачи, свободно использовать справочную и научную литературу, делать обоснованные выводы по результатам исследования;

Оценка 4 («хорошо») – обучающийся смог показать прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать практические задачи, предусмотренные программой практики, ориентироваться в рекомендованной справочной и научной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных проблемных ситуаций;

Оценка 3 («удовлетворительно») – обучающийся смог показать знания основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение практической задачи, из числа предусмотренных программой практики, обучающийся знаком с рекомендованной справочной и научной литературой;

Оценка 2 («неудовлетворительно») – при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение находить решение поставленной перед ним задачи, обучающийся не знаком с рекомендованной литературой.

3. ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.1 Критерии оценки и процедура проведения промежуточной аттестации

Оценка промежуточных результатов прохождения практики (за семестр) включает в себя:

- 1) оценку, полученную в отзыве непосредственного руководителя практики;
- 2) оценку письменного отчета о прохождении практики, которая дается руководителем практики от кафедры (университета);
- 3) оценка устного доклада студента;
- 4) оценка результатов собеседования.

Итоговая оценка рассчитывается по формуле:

$$O_{\text{и}} = \frac{O_1 + O_2 + O_3 + O_4}{4},$$

где

O_1 – оценка, полученная в отзыве;

O_2 – оценка письменного отчета;

O_3 – оценка устного доклада;

O_4 – оценка по результатам собеседования.

Оценивание окончательных результатов прохождения практики осуществляется по результатам (оценке) последнего семестра.