

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»
(специальность «Электронные приборы и устройства»)

2012

Орликов Леонид Николаевич.

Специальные вопросы технологии: методические указания по самостоятельной работе для студентов направления «Электроника и нанoeлектроника» (специальность «Электронные приборы и устройства») / Л. Н. Орликов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2012. - 39 с.

Самостоятельная работа направлена на углубление знаний дисциплины и предполагает обобщение изучаемых тем, а темы для самостоятельной проработки обобщают приобретенные знания и позволяют студенту самостоятельно решать задачи, возникающие при внедрении передовых технологий в производстве. Отдельные фрагменты тем могут составлять предмет научных исследований.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Электроника и нанoeлектроника» (специальность «Электронные приборы и устройства») по дисциплине «Спец. вопросы технологии».

© Орликов Леонид Николаевич, 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой ЭП

_____ С.М. Шандаров

« ____ » _____ 2012 г.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления «Электроника и наноэлектроника»
(специальность «Электронные приборы и устройства»)

Разработчик

д-р техн. наук, проф. каф. ЭП

_____ Л.Н. Орликов

« ____ » _____ 2012 г.

Содержание

Введение.....	5
Раздел 1. Специальные вопросы технологии получения материалов для приборов квантовой и оптической электроники.....	5
1.1 Содержание раздела	5
1.2 Методические указания по изучению раздела	5
1.3 Вопросы для самопроверки	6
Раздел 2. Основы кинетики технологических процессов	6
2.1 Содержание раздела	6
2.2 Методические указания по изучению раздела	6
3.1 Содержание раздела	7
3.2 Методические указания по изучению раздела	7
3.3 Вопросы для самопроверки	7
Раздел 4. Специальные технологические вопросы изготовления приборов квантовой и оптической электроники.....	8
4.1 Содержание раздела	8
4.2 Методические указания по изучению раздела	8
4.3 Вопросы для самопроверки	8
Раздел 5. Автоматизация процессов производства приборов квантовой и оптической электроники.....	9
5.1 Содержание раздела	9
5.2 Методические указания по изучению раздела	9
5.3 Вопросы для самопроверки	9
Раздел 6. Эксплуатация и сервисное обслуживание технологического оборудования для производства приборов квантовой и оптической электроники	10
6.1 Содержание раздела.....	10
6.2 Методические указания по изучению раздела	10
6.3 Вопросы для самопроверки	10
7 Тесты для проработки лекционного материала	11
8 Лабораторные работы.....	15
8 Индивидуальные задания для самостоятельной работы.....	17
8.1 Цель индивидуального задания.....	17
8.2 Тематика индивидуальных заданий.....	18
8.3 Порядок выполнения задания.....	19
Выполнение задания следует начинать с ознакомления и подбора литературы.....	19
8.4 Проверка и защита задания.....	20
8.5 Конференции	20
8.6 Критерии оценок за самостоятельное задание	21
8.7 Требования к структурным элементам отчета по индивидуальной работе.....	21
8.7.5 Конструкторская часть	27
9 Заключение	31
Рекомендуемая литература	32

Введение

Целью самостоятельной работы в дисциплине «Специальные вопросы технологии приборов квантовой и оптической электроники» является систематизация, расширение и закрепление теоретических знаний студентов и их применение при решении конкретных задач; развитие инженерных навыков разработки и конструирования технологической оснастки и узлов технологического оборудования, обучение студентов различным методам исследований и анализу полученных результатов, а также развитие навыков самостоятельной творческой работы, что способствует успешному решению конкретных производственных задач и развитию творческой инициативы.

Методические указания предназначены для студентов при работе над индивидуальным заданием и при подготовке к его защите. Они также могут использоваться в процессе проведения консультаций, коллоквиумов и выработки единых критериев оценки заданий.

Данные методические указания ставят своей целью оказать помощь студентам в изучении новейших высоких технологий производства приборов квантовой и оптической электроники. Это требует овладения навыками самостоятельной работы с учебной и периодической литературой, с описаниями патентов и авторских свидетельств, умения самостоятельно излагать свои мысли и знания в процессе изучения дисциплины.

Методические указания содержат программу, перечень важнейших изучаемых тем учебного курса, для проверки знаний приведены вопросы для самопроверки, приведены темы индивидуальных самостоятельных работ.

Раздел 1. Специальные вопросы технологии получения материалов для приборов квантовой и оптической электроники

1.1 Содержание раздела

Технология получения материалов для приборов квантовой и оптической электроники. Законы изменения параметров процессов: П, ПИ, ПИД. Кодировка технологических операций. Подсистемы сопровождения процессов: «Технолог, инструмент, кадры». Технология получения некоторых кристаллов. Материалы оптоэлектроники. Материалы для элементов на поверхностных акустических волнах. Типовые физико-химические процессы получения наноматериалов. Фуллерены.

1.2 Методические указания по изучению раздела

В теме «Специальные вопросы технологии получения материалов для приборов квантовой и оптической электроники» обращается внимание на моделирование процесса. Важно правильно составить

последовательность технологических операций. Следует обратить внимание на справочные данные материалов, марки, состав. Важно проанализировать режимы и рабочие среды для проведения технологических операций. Важно провести обзор литературы по проведению предполагаемого процесса. Важно знать законы изменения параметров процессов: П, ПИ, ПИД и преобразователи сигналов о технологическом процессе ПСВД, ПСТП, ПСИД, ПСТР.

1.3 Вопросы для самопроверки

1. Какие специфические требования предъявляются к материалам для приборов квантовой и оптической электроники?
2. Какой процесс называется типовым?
3. Назовите критерии подобия технологических процессов
4. Преобразователи типа ПСВД, ПСТП, ПСИД, ПСТР
5. Подсистемы «технолог», «инструмент», «кадры» для сопровождения технологических процессов?
6. Что такое унификация технологических операций?
7. Как составляется последовательность технологических операций?
8. Как проводится кодировка технологических операций?
9. Законы изменения параметров технологических процессов
10. Фуллерены в нанoeлектронике, методы получения.

Раздел 2. Основы кинетики технологических процессов

2.1 Содержание раздела

Понятие кинетики технологических процессов. Уравнения состояния процесса. Кинетическое уравнение процесса откачки газа. Кинетика термического испарения материалов в вакууме. Физико-химические процессы кинетики конденсации пленок. Диффузионные явления в технологических процессах. Диффузионное уравнение. Определение механизма диффузии газов из материала. Теплота, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, свободная энергия. Фазовая диаграмма.

2.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении темы «Основы кинетики технологических процессов» следует обратить внимание на построение последовательностей изготовления изделий с учетом аналогов, стандартов, допусков и качеств. Особое внимание следует уделить газофазным реакциям при формировании пленок в вакууме.

2.3 Вопросы для самопроверки

1. Приведите диаграмму фазового равновесия жидкой, паровой и твердой фазы
2. Поясните диаграмму Рауля для сплавов.
3. Понятие энтропии.
4. Какова связь между теплотой и энтропией?
5. Что такое энтальпия?
6. Какова связь энтропии и энтальпии
7. Понятие теплоемкости при постоянном объеме.
8. Приведите фрагмент фазовой диаграммы для формирования пленок
9. Опишите возможные газофазные реакции при напылении пленок
10. Приведите диаграмму изобарного потенциала

Раздел 3. Вакуумная, электронно-лучевая, ионно-лучевая и плазменная технология. Масс-спектрометрия

3.1 Содержание раздела

Масляный и безмасляный вакуум. Импульсный вакуум и его измерение. Рекомендации по поиску негерметичности. Расчет вакуумных систем. Электронные и ионные источники для технологических целей. Расчет мощности электронного источника. Ионно-лучевая технология. Некоторые схемы построения ионных источников. Спектрометры с магнитной разверткой, времяпролетные масс-спектрометры, квадрупольные масс-спектрометры, монополярные масс-спектрометры. ОЖЭ-спектрометрия. Методы измерения твердости материалов. Электрофизические методы упрочнения материалов. Плазменная технология, плазмотроны.

3.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении темы следует обратить внимание на спектры остаточных газов при “масляной” и “безмасляной” откачке, на методы уменьшения углеводородов в вакуумной системе. Особое внимание следует обратить на диапазон работы датчиков и какие физические явления положены в основу измерений. В масс-спектрометрии важно уяснить принцип работы прибора для регистрации массы. Важно понять отличия в построении электронных источников от ионных.

3.3 Вопросы для самопроверки

1. Запишите основное уравнение вакуумной техники.
2. Приведите алгоритм расчета вакуумной системы.

3. Объясните причины предельных возможностей откачных средств по давлению.
4. Перечислите марки масел для вакуум-насосов и требования к ним.
5. Приведите алгоритм включения и выключения вакуумных установок.
6. Приведите схемы безмасляных форвакуумных насосов
7. Назовите приемы уменьшения углеводородов в вакуумных системах
8. Напишите алгоритм запуска электроразрядного насоса.
9. Нарисуйте схемы механизмов ионного травления
10. Проанализируйте ошибки и погрешности при измерении давления.
11. Охарактеризуйте методы течеискания.
12. Приведите схему устройства спектрометра с магнитной разверткой.
13. Назовите типы вакуумных ловушек и их параметры
14. Приведите схемы плазмотронов, работающих при атмосферном давлении.

Раздел 4. Специальные технологические вопросы изготовления приборов квантовой и оптической электроники

4.1 Содержание раздела

Технология изготовления приборов плазменной электроники. Технология приборов квантовой электроники. Технология одноэлектронных квантовых приборов. Технологические приемы повышения радиационной стойкости ИМС. Технология оптоэлектронных элементов. Эффекты, реализуемые на оптоэлектронных элементах. Технология формирования акустоэлектронных элементов на поверхностных акустических волнах. Технология ионного травления пьезокристаллов.

4.2 Методические указания по изучению раздела

Особое внимание при изучении этой темы следует обратить на технологию приборов квантовой электроники; на эффекты, реализуемые на оптоэлектронных элементах.

4.3 Вопросы для самопроверки

1. Чем обусловлены предельные возможности различных литографий?
2. Какова структура квантового транзистора?

3. Какова схема формирования одноэлектронного устройства памяти?
4. Каковы технологические приемы повышения радиационной стойкости микросхем?
5. Приведите некоторые характеристики оптоэлектронных элементов.
6. Перечислите эффекты, реализуемые на оптоэлектронных элементах.
7. Приведите последовательность операций для формирования оптического волновода
8. Приведите общую схему очистки кристаллов перед формированием волновода.
9. Приведите последовательность операций по металлизации элемента на поверхностных акустических волнах.
10. Опишите процесс ионного травления кристалла.

Раздел 5. Автоматизация процессов производства приборов квантовой и оптической электроники

5.1 Содержание раздела

Моделирование технологических процессов на ЭВМ. Пневмоавтоматика. Языки пользователя для программирования электрофизических установок. Уравнения первого, второго и третьего порядка для описания управления процессами. Изодромные звенья опережения управления. Способы распознавания сигналов с технологических объектов. Унификация технологических операций. Алгоритмы построения программ технологических процессов на языках КАУТ, Время-команда, время- параметр, STPI.

Моделирование устойчивости технологического процесса. Групповые измерительные преобразователи. Система «КАМАК». Числовое программное управление в автоматизации технологических процессов. Математические модели объектов. Робототехнические комплексы и автоматизированные рабочие места.

5.2 Методические указания по изучению раздела

В этой теме обращается внимание на математические модели объектов; на порядки уравнений для описания управления процессами; на алгоритмы построения программ технологических процессов на языках КАУТ, Время-команда, время- параметр, STPI.

5.3 Вопросы для самопроверки

- 1 Как проводится моделирование технологических процессов?
- 2 Назовите основные команды языка КАУТ?

- 3 Как проводится оптимизация технологических процессов на языках КАУТ?
- 4 Какие основные команды языка STPI?
- 5 Чем отличаются пассивные и активные пневмоэлементы?
- 6 Каковы преимущества и недостатки пневмоавтоматики перед системами электронного управления?
- 7 Что такое изодромное звено в системах автоматике?
- 8 Как оценивается устойчивость технологического процесса?
- 9 Как различается уровень интеллектуальности роботов?
- 10 Каковы способы распознавания сигналов с технологических объектов

Раздел 6. Эксплуатация и сервисное обслуживание технологического оборудования для производства приборов квантовой и оптической электроники

6.1 Содержание раздела

Технологичность процессов изготовления материалов и изделий. Расчетные методы оценки технологичности. Сервисное обслуживание оборудования. Аварийные режимы, на типовых вакуумных установках с диффузионными вакуумными насосами и методы их устранения. Электротехнический сервис вакуумных установок. Сервис систем обеспечения служебных характеристик вакуумных установок. Сервисное обслуживание измерительного оборудования. Сервисное обслуживание специальных установок для эпитаксии.

6.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении темы следует обратить внимание на аварийные режимы, на типовых вакуумных установках с диффузионными вакуумными насосами и методы их устранения; на электротехнический сервис вакуумных установок. Следует учесть, что оборудование требует обслуживания вспомогательных систем: гидравлики, пневматики, водяного охлаждения, системы газового питания.

6.3 Вопросы для самопроверки

1. Запишите алгоритм запуска и остановки установок с диффузионными насосами.
2. Охарактеризуйте новейшие масла для диффузионных насосов.
3. Опишите аварийные ситуации при работе на вакуумных установках.
4. Каковы правила устройства электроустановок?
5. В чем отличие сервисной профилактики масляных и безмасляных средств откачки?

6. Как провести сервисное обслуживание высоковакуумного насоса?
7. Как провести обкатку нового форвакуумного насоса?
8. Какова принципиальная электрическая схема питания испарителей?
9. Как проводится развязка систем охлаждения катода от высокого напряжения?
10. Как проводится сервисное обслуживание систем выхлопа отработанных газов из механического вакуумного насоса?

7 Тесты для проработки лекционного материала

Тема 1. Специальные вопросы технологии получения материалов для приборов квантовой и оптической электроники

1. Какой компонент программы общий для языка релейно-контактных символов и языка КАУТ? 1-контролируемые величины, 2- таймер времени, 3- регулируемые величины.
2. В документе указан перечень инструментов, их марка, вид и координаты обработки изделий по диаметру и глубине. Это 1-инструментальный каталог, 2-база данных складского хозяйства, 3-подсистема Технолог.
3. Какое минимальное количество величин должны быть соизмеримыми для подобия одного технологического процесса другому? 1-1, 2-2, 3-3.
4. Вакуумное реле отслеживает поток по уравнению $S=Q/P$. Это статическая (1) или динамическая (2) характеристика реле.
5. Интегратор сигнала термопары выдает 5 импульсов на милливольт. Какой закон реализует интегратор? 1-П, 2-ПИ, 3- ПИД
6. Какой закон управления газовым питанием реализуется на мембранном пневмоэлементе 1- П, 2- ПИ, 3- ПИД.
7. Выберите чувствительный элемент системы управления теплотехнического процесса. 1- емкостной датчик, 2- электроконтактный градусник, 3- кварцевый стержень
8. Какой из названных групповых измерительных преобразователей относится к преобразователям для вакуумных датчиков? 1-ПСИД, 2-ПСВД, 3-ПСТП.
9. Сколько команд составляют основу языка релейно-контактных символов? 1-4, 2-3, 3-неограничено
10. Определите пассивный пневмоэлемент системы автоматики. 1- пневмоиндуктивный с нагревом, 2- пневмоемкостной, 3- пневмэлектростатический
11. Печь для отжига кристалла ниобата лития должна поддерживать температуру 1000°C . Учитывая, что перегрев даже на несколько десятков

градусов ведет к разложению кристалла, выберите закон выхода печи на режим 1-П, 2-ПИ, 3-ПИД

Тема 2. Основы кинетики технологических процессов

1. Показатели технологичности. Это: 1 –металлоемкость, 2– прочность, 3 – эстетичность

2. Измерительное устройство непосредственно воздействует на регулирующий орган. Это регулятор: 1- прямого действия, 2-непрямого, 3- с обратной связью.

3. Изодромное звено-это: 1-регулятор реакции на скорость изменения сигнала, 2- это звено механической связи с объектом, 3- это звено следящей системы.

4. Деталь представлена 6-ю проекциями, вместо 3 по аналогу. Вероятно: 1- деталь нетехнологична, 2 – увеличение проекций сделано для упрощения при изготовлении, 3 – деталь технологична

5. Изделие изготавливается токарным способом из композитного материала с консолью. Изготовление: 1– технологично, 2 – нетехнологично, 3 – требует новую траекторию процесса

Тема 3. Вакуумная, электронно-лучевая, ионно-лучевая и плазменная технология. Масс-спектрометрия

1. Какое назначение газобалластного устройства в диффузионном насосе? 1- для откачки трудноудаляемых газов, 2 – для диффузионного насоса устройство не нужно, 3- для увеличения скорости откачки

2. Потокомер отслеживает статическое и динамически изменяющееся давление в вакуумной камере. Это 1-идеальный регулятор, 2-нет

3. При местном тестировании вакуумной системы на герметичность методом пробной жидкости вакуум улучшился. 1 – система герметична, 2 – система негерметична, 3 – система имеет блуждающую течь.

4. Применение вымораживающих ловушек без их охлаждения: 1 – уменьшает количество углеводородов, 2 – не влияет на количество углеводородов, 3 – увеличивает

5. Укажите правильный алгоритм включения вакуумной установки: 1 – все закрыть, включить форвакуумный насос, 2 – включить форвакуумный насос, 3 – все закрыть, включить форвакуумный и высоковакуумный насос

Тема 4. Специальные технологические вопросы изготовления приборов квантовой и оптической электроники

1. Линия «солидус- ликвидус» это: линия перехода твердого состояния в жидкость и обратно, 2 – линия перехода в пар, 3 – линия

симметрии фазовой диаграммы.

2. Константа равновесия это: 1– отношение константы прямой реакции к константе обратной реакции, 2– отношение давления пара металла к давлению в вакуумной камере, 3– константа скорости реакции.

3. Как выглядит простейшее кинетическое уравнение, описывающее процесс конденсации пара на подложке: 1 – $A_{\text{ТВ}} \rightarrow A_{\text{пар}}$, 2 – $A_{\text{пар}} \rightarrow A_{\text{ТВ}}$, 3 – $A_{\text{ТВ}} \rightarrow A_{\text{ж}} \rightarrow A_{\text{пар}}$.

4. Какие соединения чаще всего образуются при создании вакуума масляными средствами откачки: 1 – карбиды, 2 – оксиды, 3 – неорганические соединения

5. В каких осях строится диаграмма изобарного потенциала: 1 – X, Y, 2 – T, % веса, 3 – T, % P_i

6. Для начала формирования эпитаксиальной пленки на подложке необходимо: 1– фазовое превращение конденсата пара, 2 – преобладание сорбции над десорбцией и фазовое превращение конденсата, 3 – повышение температуры подложки.

Тема 5. Автоматизация процессов производства приборов квантовой и оптической электроники

1. Абсорбция это: образование твердого раствора при поглощении газа, 2 – это процесс физического притягивания газов к поверхности, 3 – это процесс выделения газа

2. Какой прогрев при обезгаживании керамики наиболее эффективен: 1 – прогрев электронным лучом, 2 – тепловой прогрев, 3 – СВЧ прогрев

3. Наиболее вероятные источники загрязнений металлических изделий: 1 – механический участок, 2 – участок монтажа, 3 – участок литографии

4. Изделие очищают от газов отжигом в водороде. Это 1 – окислительный отжиг, 2 – восстановительный, 3 – вакуумный отжиг.

5. Адсорбция это процесс: 1 – экзотермический, 2 – эндотермический, 3 – нейтральный

6. С какой целью подложка прогревается перед началом формирования пленки: 1 – обезгаживание, 2 – повышение адгезии, 3 – для уменьшения температурных напряжений.

Тема 6. Эксплуатация и сервисное обслуживание технологического оборудования для производства приборов квантовой и оптической электроники

1. На кристалл ниобата лития наносится пленка алюминия без требований по адгезии. Какой метод формирования пленки предпочтительнее: 1 – термическое испарение в вакууме, 2 – формирование с помощью магнетрона, 3 – электродуговое формирование

2. В момент испарения навески производится испарение газопоглотителя для уменьшения давления. Как изменится состав пленки: 1 – не изменится, 2 – количество газа в пленке уменьшится, 3 – количество газа в пленке увеличится

3. Для улучшения равномерности толщины пленки проводят сканирование подложки. Как изменится количество газа в пленке: 1 – увеличится, 2 – уменьшится, 3 – не изменится

4. Какое назначение подслоя перед формированием пленки: 1 – для увеличения адгезии, 2 – для уменьшения газовыделений, 3 – для декоративных целей.

5. После формирования пленки она отжигается с целью: 1 – повышение адгезии, 2 – уменьшение температурных напряжений, 3 – корректировка технологической и истинной толщины.

Тема 7. Процесс эпитаксиального выращивания структур для приборов оптической электроники

1. Эпитаксиальные пленки – это пленки имеющие 1 – сопротивление больше 20 Ом/□, 2 – меньше 20 Ом/□, 3 – около 100 Ом/□

2. Один из компонентов для формирования эпитаксиальных пленок триметилиндий $[\text{In}(\text{CH}_3)_3]$. Это: 1 – МОС- гидридная эпитаксия, 2 – молекулярно-лучевая, 3 – эпитаксия из расплава солей

3. Формирование эпитаксиальной пленки происходит по схеме: миграция атомов → двумерная жидкость → кристаллизация. Это механизм формирования пленки: 1 – по Н.Н. Семенову, 2 – по Френкелю, 3 – по Кнудсену.

4. Дифрактометрия при энергии электронов до 1,5 кэВ: это 1 – метод анализа химического состава, 2 – метод анализа формы растущих кристаллов, 3 – метод определения показателя преломления

Тема 8. Основы технологии изготовления оптоэлектронных приборов на основе арсенида галлия

1. Возле камеры перед модулем загрузки и выгрузки подложек расположен блок дополнительной очистки воздуха. Это делается для: 1 – соблюдения вакуумной гигиены, 2 – для обеспечения комфортных условий персоналу, 3 – блок используется как стерильный склад.

2. Какой темп нагрева кристалла наиболее предпочтителен перед формированием на нем пленки: 1-2К/с, 5 К/с, 10 К/с.

3. Какой метод измерения температуры подложки при формировании сверхрешеток наиболее точен: 1 – измерение оптических постоянных эллипсометром, 2 – лазерный пирометр, 3 – визуальный оптический пирометр с исчезающей нитью.

4. При формировании гетероструктур тигель с мышьяком особой чистоты заполнен наполовину. Нужно ли корректировать программу темпа

нагрева тигля: 1 – нужно, 2 – не нужно

5. Какое основное преимущество имеет молекулярно-лучевая эпитаксия по сравнению с другими видами эпитаксий: 1 – отслеживание каждого слоя гетероструктуры, 2 – большая скорость роста, 3 – экологически чистое производство

8 Лабораторные работы

В процессе выполнения лабораторных занятий студент не только закрепляет теоретические знания, но и пополняет их. Лабораторные работы проводятся циклическим и фронтальным методом согласно графика, установленного индивидуально для каждой студенческой бригады. При подготовке к лабораторной работе студент должен руководствоваться индивидуальным заданием, номер которого соответствует номеру, присвоенному бригаде. По мере освоения оборудования студентам могут поручаться индивидуальные работы в плане фрагментов научно-поисковых работ.

Вся работа при выполнении лабораторной работы разбивается на следующие этапы: вступительный, проведение эксперимента и обработка результатов.

Вступительный этап включает анализ полученного индивидуального задания, изучение рекомендуемых литературных источников по теме задания, знакомство с приборами, методами и схемами измерений. Исходя из возможностей лабораторного оборудования и условий индивидуального задания, выбирается и обосновывается метод проведения эксперимента, составляется методика и программа выполнения работы. В процессе самостоятельной подготовки к лабораторной работе каждый студент ведет черновик отчета, куда вносятся:

- схема установки;
- методика проведения работы;
- формулы и предполагаемые графики.

В процессе домашней подготовки студент проверяет качество усвоения проработанного материала по вопросам для самоконтроля, относящимся к изучаемой теме. Без проведения такой предварительной подготовки к лабораторной работе студент не допускается к выполнению эксперимента.

Помимо домашней работы студенты готовятся к выполнению эксперимента также на рабочем месте: они знакомятся с установкой, уточняют порядок выполнения работы, распределяют рабочие функции между членами бригады. В ходе аудиторной подготовки преподаватель путем собеседования выявляет и оценивает степень готовности каждого студента к проведению эксперимента и знание им теоретического материала. Студенты, не подготовленные к выполнению работы или не представившие отчеты по предыдущей работе, к выполнению новой работы могут быть не допущены и все отведенное время для лабораторной

работы должны находиться в лаборатории, изучать по рекомендованной литературе тот материал, с которым они не познакомились дома. К выполнению работы они могут быть допущены только после собеседования. Все пропущенные лабораторные работы по уважительным или неуважительным причинам могут быть выполнены в конце семестра на дополнительных занятиях.

Второй этап работы – проведение эксперимента в лаборатории. На этом этапе очень важно, чтобы студент выполнил самостоятельно и грамотно необходимые измерения и наблюдения, укладываясь в отведенное для этого время. При организации своей работы для проведения эксперимента целесообразно исходить из рекомендаций, изложенных в руководствах для выполняемой лабораторной работы.

В экспериментах, когда это важно, всегда следует ставить пробные опыты, которые преследуют несколько целей:

- экспериментатор «знакомится» с данным экспериментом. В каждом эксперименте своя методика и связанные с ней определенные, часто повторяющиеся операции, и экспериментатору необходимо поупражняться или попрактиковаться в их выполнении. Первые несколько измерений в эксперименте почти всегда менее надежны или менее ценны, чем последние, и обычно удается сэкономить время, если в начальный период работы затратить часть его на то, чтобы найти наилучшие способы проведения измерений и записи результатов;

- проверяется работа отдельных элементов установки аппаратуры;

- определяется соответствующий интервал значений для каждой из величин, измеряющихся в данном эксперименте;

- оцениваются возможные ошибки в различных величинах.

В ходе пробного опыта следует провести некоторые предварительные измерения и составить план с указанием величин, которые необходимо измерять, и оценить время, необходимое на каждое такое измерение.

Прежде чем, приступить к систематическим измерениям, необходимо убедиться, что Вы знаете, как работает прибор, какая взаимосвязь между отдельными элементами установки, т.е. что чем регулируется. Разобраться в этом вопросе студенту поможет внимательное чтение инструкций, описаний приборов и частных методических указаний.

В каждом эксперименте очень важно сразу же записывать все сделанное. Все результаты измерений следует записывать немедленно и без какой-либо обработки. Не проводите никаких, даже самых простых, арифметических расчетов в уме, прежде чем записать результат измерения. Пересчет показаний прибора в истинное значение измеряемой величины выполняется в процессе обработки результатов измерений. При проведении и записи измерений хорошо проверить то, что Вы записали, взглянуть еще раз на прибор.

Все записи необходимо датировать и снабжать заголовками.

На последнем этапе работы студент производит обработку данных

измерений и анализ полученных результатов.

Отчет студента по работе должен быть индивидуальным, а не бригадным и тяготеть к форме статьи. Общая бригадная часть содержит следующие разделы: наименование работы, цель работы, идея решения, вакуумная схема установки. Расчеты, краткое изложение методики, схемы опытов; таблицы данных измерений; итог обработки результатов и расчетные формулы; графики; анализ результатов и погрешностей; фрагмент конструкции соединения.

Индивидуальная часть содержит фрагменты электрических схем, фрагменты блоков автоматики, схемы газового, водяного, пневматического питания, конструкции вакуумных соединений.

Здесь нужно привести:

- сопоставление с другими аналогичными результатами, если они имеются, с обязательной ссылкой на литературный источник;
- сопоставление с соответствующими теориями;
- причины, обусловившие погрешности измерений и методы их устранения.

Таким образом, отчет студента должен представлять собой пусть небольшую, но законченную работу, хорошо оформленную и грамотно изложенную.

Ниже приведены названия лабораторных работ.

1. Исследование методов поиска течей в электровакуумных приборах
2. Исследование плазмы газового разряда методом двойного зонда
3. Измерение параметров вакуумной системы на ЭВМ в реальном режиме времени
4. Исследование процесса ионной обработки материалов
5. Сервисное обслуживание вакуумной установки УВН 2М-1
6. Моделирование условий формирования окисных пленок легкоплавких металлов
7. Исследование плазменного источника электронов
8. Спектрометрия газовой выделенной из кристаллов

Лабораторные работы являются многоуровневыми. Развитие уровня познания проводится по схеме: Ознакомление (фронтальная работа), экспериментальный анализ и расчет отдельной схемы. Например, схемы вакуумной системы. Далее следует исследование схемы источника заряженных частиц и расчет электрофизических параметров. Затем следуют схемы систем обеспечения работоспособности. После этого проводится анализ расчетов, моделирование граничных условий, анализ формул описания процесса.

8 Индивидуальные задания для самостоятельной работы

8.1 Цель индивидуального задания

- 1 Закрепление и углубление теоретических знаний, полученных

студентами в теоретических курсах и на производственной практике

2 Приобретение опыта работы с научно-технической, справочной патентной литературой, ГОСТами, технологической документацией

3 Практическое применение знаний, полученных при изучении общеинженерных и профилирующих дисциплин, использование вычислительной техники, инженерных методов расчета, а также развития конструкторских навыков

4 Выработка и закрепление навыков грамотного изложения результатов работы и их защитой перед аудиторией.

8.2 Тематика индивидуальных заданий

Задание обобщает теоретический материал и предполагает творчество в разработке технологии производства прибора оптической электроники и фотоники.

Тематика задания формируется из банка запросов различных организаций на решение конкретных задач. Студент выбирает тему самостоятельно. При выборе темы учитывается участие студента в научно-исследовательских работах кафедры, в работе студенческого конструкторского бюро.

Перед выполнением задания целесообразно просмотреть фрагменты эмуляции подобных лабораторных работ, отдельные подобные технические решения и методики расчета. Именно на этом первоначальном этапе происходит лексический анализ задачи и уточнение того, что конкретно нужно отразить в задании. Как показывает опыт, именно на этом этапе происходит основная бездарная потеря времени студентом.

Задание построено по многоуровневой схеме, и предполагает его выполнение исходя из различного стартового уровня знаний или интереса студента к определенной области знаний. Приоритетными тематиками являются электрофизические технологии изготовления фрагментов приборов оптической электроники и фотоники с применением электронов, ионов, плазмы или паров металлов.

Возможными темами могут быть следующие задания.

1. Металлизация конкретного изделия.
2. Формирование покрытий с конкретными функциональными свойствами на конкретных изделиях.
3. Формирование антикоррозийных покрытий на плоскостях, трубах или изделиях (внутри или снаружи)
4. Нанесение декоративных покрытий под золото на конкретные изделия; материалы подложек: алюминий, полиэтиленовой пленка, лавсан, винипроз, стекло, керамика и т.д.
5. Ионная обработка материалов (травление, очистка, полировка).
6. Модификация поверхности под действием ионного или электронного воздействия.

7. Разработка программных продуктов и отработка технологии программирования при проведении технологических процессов.
8. Процесс изготовления волновода на ниобате лития.
9. Процесс изготовления волновода на стеклах.
10. Процесс ионного травления ниобата лития.
11. Технология формирования солнечного элемента.
12. Технология формирования окисной пленки титана на танталате висмута, ниобате лития.
13. Процесс легирования и диффузии элементов (железо, медь, свинец, церий и др.) в ниобат лития
14. Технология формирования окисной пленки на пьезокристалле
15. Технология ионного легирования или ионной имплантации в пьезокристаллы.
16. Процесс формирования зеркальных покрытий с внешним отражающим слоем.

В приложении А представлены примерные темы заданий

8.3 Порядок выполнения задания

Выполнение задания следует начинать с ознакомления и подбора литературы.

Анализ задания производится на основе изучения патентов, периодической литературы, монографий. Следует обратить внимание на новизну задание устройства. Новизна заключается в реализации новых физических принципов, новых физических эффектов, новых путей для достижения цели. При этом благодаря введению новых элементов реализуются новые физические процессы. В записку не имеет смысла переписывать какой-либо текст из учебников, монографий и Интернета. Однако, совершенно необходимо нарисовать эскиз аналога прибора. Следует избегать применения сканерных устройств, так как это лишает студента возможности редактирования и уменьшает уровень компьютерной графики, реализуемый студентом.

По истечении двух недель с момента получения задания, студент должен представить руководителю обзорный материал с эскизами уже имеющихся аналогичных установок, а также техническое предложение по теме задания, которое является результатом анализа задания, обзора литературы и сопровождается эскизами отдельных узлов предполагаемого устройства установки.

Работу над заданием следует выполнять в следующем порядке и в сроки, указанные в приложении Б, здесь же приведена оценка проведенной работы (проценты даны нарастающим итогом).

Первую часть задания студент сдает на проверку руководителю при наличии задания, введения, реферата, обзора литературы более 10 наименований, расчета откачных средств.

Вторую часть задания студент сдает на проверку руководителю при наличии схемы источника частиц и описания принципа его работы, наличии расчета электрофизических параметров, расчета одного из параметров процесса, наличии последовательности технологических операций, наличии экспериментальной и конструкторской части.

8.4 Проверка и защита задания

Студент сдает преподавателю законченное задание на предварительную проверку. В присутствии студента проверяется наличие разделов задания. Обязательным является анализ достижений науки и техники, расчеты на ЭВМ, последовательность операций, база данных сертифицированного оборудования.

По отчету оценивается метод решения задачи и параметры необходимого оборудования. Проверяется наличие ссылок на литературу, уровень использования ЭВМ, уровень математического аппарата, соблюдение ГОСТ при оформлении схем и рисунков. Проверяется наличие письменного доклада презентации с докладом и оригинальным рисунком в форматах bmp, corel, двух оппонентов со стороны студентов. При отсутствии персонального компьютера студент сдает материалы в ручном варианте, однако, титульный лист и программа для расчета должны быть распечатаны. Через два дня студент получает предварительный отзыв на задание о правильности расчетов и ошибках. Число конференций равно числу групп в потоке. Группы для защиты формируются независимо от списочного состава.

8.5 Конференции

Конференции проводятся по результатам защиты самостоятельных работ. Желательно присутствие коллектива поддержки или ученых. Самостоятельная работа спроектирована так, чтобы студент показал знания, умения, навыки, а также освоение компетенций по анализу достижений в технологии, умению строить последовательности технологических операций, умению проводить расчеты, умению выбрать сертифицированное оборудование для реализации своего задания.

Технология подготовки конференции

1 Преподаватель проверяет работу, отмечает ошибки и ставит дату приема.

2 Оргкомитет: (старосты групп в потоке) – собирают презентации докладов для просмотра

3 Затем следует проверка ошибок и выносятся решение о допуске к конференции.

Защита включает доклад студента (5-7 минут) и ответы на вопросы (5 мин). В докладе сообщается тема задания, техническое задание, краткое

содержание работы. Необходимо обосновать актуальность темы, метод выбранных инженерных решений. Особое внимание в докладе следует уделить самостоятельным творческим разработкам, их технико-экономическому обоснованию. По окончании доклада студенту задаются вопросы, позволяющие оценить, насколько глубоко проработан материал.

В процессе защиты учитываются: самостоятельность работы, оригинальность и тщательность проработки технических решений, качество оформления чертежей и расчетно-пояснительной записки, выполнение ГОСТ, использование ЭВМ в расчетах, полнота и четкость доклада, правильность ответов на вопросы, планомерность работы над заданием и срок защиты (досрочно, в срок, после срока без уважительных причин).

После конференции студентам сообщается оценка. При этом дается краткий анализ задания и доклада, отмечаются достоинства и недостатки задания, высказываются критические замечания и пожелания. Если задание защищается после срока без уважительных причин, то оценка снижается.

8.6 Критерии оценок за самостоятельное задание

Оценка отражает учебную (3 балла), творческую (4) и исследовательскую (5баллов) часть.

Для оценки хорошо студент должен отметить в докладе конкретную творческую часть задания, предполагаемую для публикации на студенческой конференции.

Для оценки отлично студент должен отметить творческую и исследовательскую часть, иметь наброски доклада для публикации на студенческой конференции и рекомендацию для участия в конкурсе внутривузовских студенческих работ.

При несогласии студента с оценкой назначается комиссия.

8.7 Требования к структурным элементам отчета по индивидуальной работе

8.7.1 Общие требования

Расчетно-пояснительная записка выполняется шрифтом Times New Roman 14x1,5 и должна в краткой и четкой форме раскрывать творческий замысел работы, содержать описание методов исследования и (или) расчетов, описание проведенных экспериментов, анализ результатов и выводы по ним. Как правило, текст должен сопровождаться иллюстрациями (графиками, эскизами, диаграммами, схемами и т.п.).

Титульный лист

Образец заполнения титульного листа приведен в приложении В.

Реферат (0,5 стр)

1. Реферат размещается на отдельном листе (странице).

Заголовком служит слово «Реферат» (для реферата на иностранном языке – соответствующий иностранный термин), записанное с прописной буквы симметрично тексту.

2. Реферат должен содержать:

- сведения о количестве листов (страниц), количестве иллюстраций, таблиц, использованных источников, приложений, листов графического материала;

- перечень ключевых слов в именительном падеже (3-5);

- текст реферата.

Текст реферата должен состоять из двух- трех предложений и отражать суть работы, режимы получения результата, а также самооценку своей работы студентом по уровню ЭВМ, уровню математики, наличию публикаций.

Реферат на русском языке и реферат на иностранном языке оформляются на отдельных листах.

Образец реферата приведен в приложении Г.

Задание

В каждой работе должна быть разработана тема в соответствии с заданием, утвержденным заведующим кафедрой.

Задание на задание оформляется в виде бланка, содержащего название темы, наименование изделия для обработки, тип напылительного устройства и перечень рассмотренных вопросов. Форма бланка задания приведена в приложении Д.

Содержание

Содержание должно отражать все материалы, представляемые к защите работы.

Слово «Содержание» записывают в виде заголовка, симметрично тексту, с прописной буквы.

В содержании перечисляют заголовки разделов, подразделов, список литературы, каждое приложение и указывают номера листов (страниц), на которых они начинаются.

Образец оформления содержания представлен в приложении Е.

Введение

В разделе «Введение» суть проблемы, её научное, техническое значение и экономическую целесообразность для народного хозяйства. Описывается, как решается данный вопрос на основании литературных источников. Дается критика недостатков. Следует отметить, что критикуются только те недостатки, которые устраняются в данном задании

е. Рассказывается как можно более качественно и быстро решить проблему. Объем введения составляет 2-3 страницы.

Заголовок «1 Введение» записывают с абзаца с прописной буквы.

Литературный обзор

В этом разделе дается краткая характеристика литературных источников, в которых описаны схемы устройств для нанесения покрытий или обработки материалов. Число описанных аналогов должно быть больше 20. Предпочтение следует отдавать периодической литературе, описаниям патентов или авторских свидетельств. Выявленное или вновь созданное техническое решение разрабатывается сначала в объеме эскизного, а затем технического задания.

Выводы и постановка задачи

В этом разделе обосновывается выбранный метод формирования покрытия для прибора. Показываются преимущества этого метода перед другими методами. Обосновывается выбор типа установки (масляная, безмасляная). Обосновываются возможные токи, напряжения и расходы газа. В этом разделе обосновывается выбор объема рабочей камеры, выбор рабочего давления.

8.7.2 Расчетная часть

Расчет вакуумной системы

Расчет вакуумной системы заключается в определении производительности откачных средств, необходимых для проведения процесса. Начинать расчет следует с рисунка схемы вакуумной системы. Обычно объем рабочей камеры составляет от 0,1 до 3 м³. Чаще устройства для обработки материалов содержат источник частиц на основе вакуумной дуги, магнетрона или источник паров металлов на основе термического испарения в вакууме. Все эти устройства чаще работают при давлениях 10⁻²Па.

Суммарный поток газовой выделения складывается из газовой выделения стенок камеры, газовой выделения из изделий, газовой выделения из различных вводов в камеру и потока напускаемого рабочего газа.

Поток газовой выделения с поверхности камеры Q определяется произведением площади поверхности A на коэффициент удельного газовой выделения g и коэффициент поверхности Ω :

$$Q = Ag\Omega. \quad (1.8)$$

Величины удельного газовой выделения приводятся в соответствующей справочной литературе (для стекла и керамики $g=10^{-4}$ Па м³/с с 1м²).

Коэффициент поверхности зависит от качества механической обработки материала (для стали достигает 10).

В вакуумной камере всегда имеется более десятка вводов: для датчиков, для термопар, для ввода напряжения и т.д. Поток натекания через такие элементы Q определяется произведением чувствительности течеискателя $\kappa = 10^{-6}$ на их число N .

$$Q = \kappa N . \quad (1.9)$$

Таким образом, суммарный поток газов в вакуумной камере определится выражением:

$$\sum Q = (Ag\Omega)_{\kappa} + (Ag\Omega)_{u} + \kappa N + Q_{\text{нап}} , \quad (1.10)$$

где первое слагаемое относится к камере, второе к детали, третье к течеискателю, четвертое к потоку напускаемого газа. Обычно напускаемый поток составляет 30 – 80 см³ атм/час. Поскольку заводы выпускают оборудование с производительностью в литрах в секунду, то выбранную величину напуска газа следует умножить на переводной коэффициент $2,4 \cdot 10^{-4}$, т.е

$$Q_{\text{нап}} = (30-80) \cdot 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ тор л/с.}$$

Необходимая скорость откачки высоковакуумного насоса определится отношением суммарного потока в вакуумной камере Q к рабочему давлению $P_{\text{раб}}$, при котором проводится технологический процесс.

$$S_n = \sum Q / P_{\text{раб}} . \quad (1.11)$$

Скорость откачки форвакуумного насоса определяется как отношение газового потока на выходе диффузионного насоса Q к выходному давлению диффузионного насоса ($P_{\text{вых}}$).

$$S_{\phi} = \sum Q / P_{\text{вых}} . \quad (1.12)$$

В большинстве диффузионных насосов выходное давление составляет $P_{\text{вых}} = 10 \text{ Па}$ (0,1 мм рт ст). Следует выбрать тот механический насос, который обеспечивает требуемую скорость откачки при давлении 10 Па.

Из основного уравнения вакуумной техники следует, что скорость откачки объекта S_o всегда меньше скорости откачки насоса S_n . При проектировании систем, если проводимость коммуникаций неизвестна, выбирают скорость насоса с коэффициентом запаса γ :

$$S_n = \gamma S_o, \quad (1.13)$$

где $\gamma = 1,25$ для форвакуумных насосов; $\gamma = 2,00$ для высоковакуумных насосов.

Время откачки объекта определяется выражением:

$$t = \frac{V \cdot V'}{S_o} \ln \frac{P_1 - \sum Q/S_o}{P_2 - \sum Q/S_n}, \quad (1.14)$$

где V – объем, откачиваемого объекта;

$V' = 10^3$ – приведенный объем;

P_1, P_2 – начальное и конечное давление.

В расчетах времени откачки в диапазоне давлений, когда существенно возрастают газовыделения (от 10 до 0,01 Па и менее) необходимо учитывать приведенный объем V' , увеличенный пропорционально уменьшению давления. (Например, обеспечение рабочего вакуума от 10 до 0,01 Па соответствует, уменьшению давления на три порядка). Соответственно, приведенный объем составит величину $V' = 10^3$.

Согласование откачных средств

На практике согласование проводят графически, строя зависимости производительности откачных средств от давления. На рис. 1.1 представлен вариант графического согласования диффузионного и механического вакуумных насосов. В точке согласования выходное давление высоковакуумного насоса равно входному давлению форвакуумного насоса, а скорость откачки форвакуумного насоса меньше паспортной, поскольку она зависит от давления.

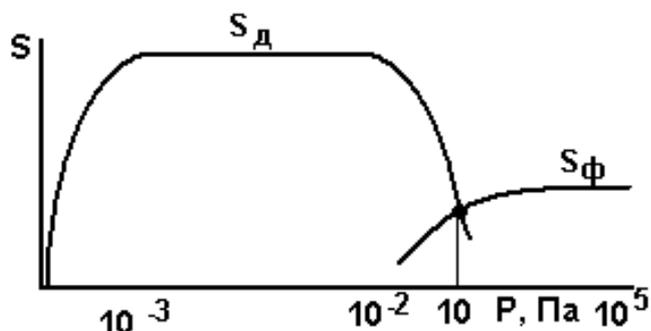


Рисунок. 12.1 – Графическое согласование вакуумных насосов

Расчет электрофизических параметров

Электрофизическая часть предполагает разработку схемы или конструкции устройства для напыления или травления покрытий, а также расчет параметров проводимых процессов. Первоначально, исходя их технологических особенностей проведения процесса, следует выбрать тип используемого источника, отметить зарубежные и отечественные аналоги. При этом целесообразно приводить рисунок схемы устройств и принцип их работы. После этого следует остановиться на предлагаемой схеме устройства, принципе его работы. Следует обратить внимание на научную новизну, заключающуюся в применении новых явлений и эффектов для улучшения получаемых параметров изделий, повышения производительности и т.д.

В ходе выполнения задания выполняется электрофизический расчет, включающий пробеги и скорости частиц, электронную температуру и концентрацию плазмы, расчет коэффициентов распыления, и др. Один из подходов к расчету приведен ниже.

Зная ускоряющее напряжение U , следует определить скорость V электронов и ионов из соотношения:

$$mV^2 / 2 = eU$$

где m – масса частицы.

Для анализа типа разряда (дуговой или тлеющий) определяется электронная температура T_e по соотношению:

$$\frac{3}{2}kT_e = eU_i$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ – постоянная Больцмана;

U_i – потенциал ионизации молекулы ($U_i = 15$ В для азота, $U_i = 20$ В для гелия).

Далее определяется концентрация заряженных частиц n . Для этого задаются ток разряда I и площадью эмиссии катода S . Концентрация частиц определится через плотность тока эмиссии J соотношением:

$$J = Vne$$

Далее проводится расчет коэффициентов ионизации, расчет параметров, характерных для прибора. Важно провести расчет при нескольких значениях параметров, что позволит проанализировать особенности работы прибора. Следует обосновывать, зачем параметр считается и какая его величина известна из литературы. Ошибкой считается расчет коэффициента термической ионизации, если нет термокатода или Ларморовского радиуса, если нет магнитного поля. Приветствуются формулы не из лекционного материала.

В заключении электрофизической части приводятся отличительные особенности и преимущества устройства перед известными устройствами. Студент должен ответить на вопрос: какую конкретно новую физическую или математическую модель он исследовал; какие допущения проводил.

Сравнение следует производить по материалам патентов, описаний авторских свидетельств и периодической печати.

8.7.3 Технологическая часть

На данном этапе определяется число, последовательность и режимы проведения технологических операций. Проводится расчет скорости и КПД испарения, массоперенос. Подбирается оборудование и оснастка, обеспечивающие заданное качество обработки и требуемый объем выпуска (составляется инструментальный каталог).

Последовательность технологических операций

Сначала рисуется схема последовательности технологических операций с указанием времени проведения процесса, давления и температуры. Число каналов должно быть больше или равно числу участников процесса. Например, участниками процесса напыления пленки в вакууме являются камера, испаритель, навеска, подложка, свидетель, напыляемый материал и т.д. В ходе построения последовательности операций следует предусмотреть обратную связь на случай устранения брака.

Технологические инструкции составляют при разработке новых, оригинальных операций или при модернизации оборудования, требующей изменения последовательности переходов, приемов их выполнения и т.д.

В итоге специалист, прочитавший технологическую часть должен понять, как изготовить прибор или его фрагмент.

8.7.4 Экспериментальная часть

В экспериментальной части описывается, на какой установке можно воспроизвести тот, или иной фрагмент процесса. Приводится схема эксперимента и условия его выполнения. В качестве экспериментальной части могут быть использованы фрагменты лабораторных работ. Особенность экспериментальной части состоит в том, что в ней указываются конкретные размеры устройств, давления, расходы газа, напряжение, используемое оборудование. Полученные экспериментальные данные сравниваются с литературными источниками и приводятся в реферате.

8.7.5 Конструкторская часть

В этом разделе должны найти обоснование все принятые конструктивные решения и размеры устройств. В качестве примера могут быть выбраны конструкции вводов, соединений, конструкции смотровых окон. Общее требование к выбранной конструкции – используемость в данном задании, наличие не менее трех элементов в сборочной

конструкции, наличие таблицы из какого материала и каким инструментом выполняется деталь (наличие инструментального каталога). В конструкции проставляются габаритные размеры изделия. Следует отличать схему от конструкции. Конструкция предполагает сборочный чертеж и наличие толщины стенок.

В качестве конструкции может быть чертеж волновода, схемы установки для проведения исследований, элементы крепления лазера, зеркал, призм и др. Конструкция имеет более высокий рейтинг, чем схема и предполагает возможность практического изготовления по сборочному чертежу. В качестве исходных конструкций могут быть выбраны схемы их лекционного материала или лабораторного практикума.

Первоначально, следует сделать вывод о достоинствах и недостатках известных устройств применительно к рассматриваемому технологическому процессу. После выбора конструкции следует описать: какие элементы она содержит. После этого описывается, как это устройство работает, и какие физические эффекты применяются для улучшения параметров изделий.

Следующим этапом проводится проработка конструкции с учетом конкретных условий работы, тепловой и механической прочности, стойкости элементов к агрессивным газам. В ходе конструирования целесообразно провести расчеты. Дополнительные расчеты являются необязательными, но поднимающими авторитет задания.

Каждый графический конструкторский документ (чертеж, схема) должен иметь рамку и основную надпись по ГОСТ 2.104

Основные технологические требования таковы:

прибор должен быть максимально простым для того, чтобы его изготовление и сборка имели минимальную трудоемкость и по возможности могли быть автоматизированы:

детали прибора должны изготавливаться из дешевых и недефицитных материалов, если обратное не диктуется какими-либо особыми требованиями, связанными с качеством прибора или его специальным назначением;

допуски на размеры деталей и элементов приборов нужно строго обосновывать, так как ужесточение допусков резко повышает стоимость применяемых материалов, инструмента, оборудования, а следовательно, и себестоимость изделия.

В расчетно-пояснительной записке описывается принцип действия прибора, показывается влияние на выходные характеристики прибора таких технологических параметров, как погрешности размеров элементов и их взаимного расположения, чистота используемых материалов и др.

8.7.6 Компьютерная часть задания

Расчет на ЭВМ, помимо обучения студентов компьютерной грамоте, дает возможность на инженерном уровне оценить границы применимости

математической модели процесса, логичность применения формул, точность расчетов, динамику процесса. Рекомендуется провести оптимизацию протекания.

процесса, просчет ряда вариантов. При этом в пояснительной записке отражается порядок расчета, язык программирования. Разработанная программа приводится в пояснительной записке.

Наиболее целесообразно рассчитывать систему целиком по разветвленной схеме с условными и безусловными переходами. При этом варьируются условия проведения технологического процесса (объем камеры, температура, ток или напряжение разряда, давление, потоки газоотделения и газопоглощения). Для эффективного проведения технологического процесса геометрия вакуумпровода может быть круглой, квадратной, треугольной, с наличием центральных тел (ловушек, вводов и т.д.). Для каждой геометрии вакуумпровода существует своя математическая модель пропускной способности. По соображениям вакуумной гигиены, шумозащиты, виброзащиты, техники безопасности в ряде случаев вакуумнасосы могут быть вынесены из рабочей зоны цеха. Представляет интерес просчет падения эффективности использования оборудования при изменении длины вакуумпроводов и мест расположения вакуумной арматуры, просчет совместимости высоковакуумного и низковакуумного оборудования, изменения производительности. Применение ЭВМ особенно рекомендуется для оценки предельных возможностей прибора.

8.7.7 Заключение

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам выполненной работы, оценку полноты решения поставленных задач, рекомендации по конкретному использованию результатов работы, её экономическую, научную, социальную значимость. Возможные применения проделанной работы, возможные объемы и рынки сбыта установки или изделий. Возможные варианты перестройки под другой процесс. Перспективы развития работы. В заключении следует отметить преимущества предлагаемого процесса перед известными, виды на возможные применения, рискованные и сомнительные предположения. Объем заключения должен составлять не менее 0,5 стр.

Заголовок "Заключение" записывают с № и большими (прописными) буквами.

8.7.8 Список использованных источников

Заголовок "Список использованных источников" записывают симметрично тексту с прописной буквы.

В список включают все источники, на которые имеются ссылки в пояснительной записке. Источники в списке нумеруют в порядке их упоминания в тексте арабскими цифрами без точки.

Ссылка на журнал: Фамилия, И, О. Название статьи, название журнала, год, номер, том, страницы.

Ссылка на книги: Фамилия, И, О. Название книги, издательство, год, конкретная страница или номер рисунка в этой книге.

Пример

Список использованных источников

1 Ковалев В.В. Технический анализ: управление процессом, выбор инвестиций, анализ возможностей. - М.: Энергия, 2002. - 430 с.

2 ГОСТ 28388-89 Система обработки информации. Документы на магнитных носителях данных. Порядок выполнения и обращения. Из-во стандартов, 2001, 300 с.

3 ... и т.д.

Ссылка на патент или авторское свидетельство: Фамилия, И, О. Название. Номер патента или авторского свидетельства, номер и год бюллетеня патентной информации. Желательно использование зарубежных источников. Ссылки приводятся на том языке, на котором напечатан материал. Данные по обзору литературы также входят в ссылки.

Ссылки на Интернет ресурс.

Примеры библиографических описаний источников приведены в приложении Ж.

8.7.9 Приложения

В приложения рекомендуется включать материалы иллюстративного и вспомогательного характера.

В приложения могут быть помещены:

- таблицы большого формата;
- дополнительные расчеты;
- описания применяемого в работе нестандартного оборудования;
- распечатки с ЭВМ;
- протоколы испытаний;
- акты внедрения;

На все приложения в тексте должны быть даны ссылки.

Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. Например: "Приложение Б".

Каждое приложение следует начинать с нового листа (страницы) с указанием наверху посередине страницы слова "Приложение" и его обозначения, а под ним в скобках - "обязательное" (если его выполнения предусмотрено заданием) или "справочное".

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

9 Заключение

В итоге изучения тем студент должен, как минимум знать следующие вопросы:

1. Общую схему очистки материалов при формировании приборов оптической электроники и фотоники
2. Способы улучшения стехиометрии и чистоты пленок.
3. Принципы контроля скорости и толщины нанесения пленок
4. Прогнозирование качества пленок в зависимости от метода их получения.
5. Приемы повышения адгезии пленок.
6. Методы анализа пленок на монокристалличность.
7. Технологические приемы улучшения равномерности толщины напыления покрытий.
8. Условия проведения различных эпитаксий
9. Виды литографий, их достоинства и недостатки
10. Механизмы ионного травления и их приоритетность при обработке конкретных материалов.
11. Единую систему допусков, посадок и квалитетов
12. Как проводится электрическая развязка систем охлаждения от высокого напряжения.
13. Знать методы герметизации электронных приборов
14. Системы пневмоавтоматики для управления процессами
15. Знать методы изоляции элементов интегральных микросхем. Знать порядок размещения элементов микросхем на подложке.
16. Знать пути повышения радиационной стойкости электронных приборов.
17. Знать правила устройства электроустановок с позиций эргономики, технической эстетики и дизайна.

Студент должен уметь:

1. Уметь оценить мощность электронного или ионного источника, необходимую для проведения технологических операций.
2. Уметь рассчитывать вакуумные системы
3. Уметь согласовать металлокерамические спаи электронных приборов
4. Оценивать достоинства и недостатки лучевых, дуговых, магнетронных и плазменных методов осаждения покрытий

5. Уметь изготавливать чертежи соединений и фрагментов вспомогательного оборудования.

6. Уметь программировать последовательность операций на языках типа “релейно-контактных символов, время-команда, время-параметр, КАУТ”, STPL.

7. Проводить анализ предельных возможностей оборудования для проведения конкретных технологических операций.

8. Проводить оценку направления газо-фазных реакций при формировании пленок.

9. Уметь кодировать технологические циклы, операции, детали и инструменты при автоматизации технологических процессов.

10. Уметь моделировать технологический процесс

Студент должен владеть:

1. Методами поиска патентной информации
2. Методами анализа вакуумных систем на герметичность.
3. Методами анализа заданий и документов на технологичность
4. Техник и технологией получения высокого вакуума.
5. Приемами оптимизации параметров технологических процессов
6. Приемами реанимации технологических режимов

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Барыбин В.Г. Физико- технологические основы электроники. Санкт-Петербург, Лань, 2001, 270 с.
2. Данилина Т.И. Смирнов С.В. Ионно-плазменная технология в производстве СБИС. Томск, ТУСУР, 2000, 140 с.
3. Терехов В.Н. Сборник задач по электронным приборам М.: Энергия 1987, 200с -2 экз

Дополнительная литература

В качестве дополнительной литературы может служить любая литература с ключевыми словами: технология, материалы, плазма, вакуум, оптическая электроника, эпитаксия, нанотехнология.

В качестве дополнительной литературы рекомендуются издания:

1. Орликов Л.Н. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. 2007, – 107 с.
2. Попов В.Ф., Горин Ю.Н. Процессы и установки электронно-ионной технологии. -М.: Высшая школа, 1988.-254 с.
3. Черняев В.Н. Физико-химические процессы в технологии РЭА.- М.: Высшая школа, 1987.-370 с.
4. Розанов Л.Н. Вакуумная техника.-М.: Высшая школа, 1990.- 320 с

Периодическая литература (за последние 5 лет): журналы: “Физика и химия обработки материалов”, “Приборы и техника эксперимента”, “Компьютер пресс”; Известия ВУЗов, серия Физика.

Реферативные журналы: ”Электроника”, “Физика”, “Химия”;

Описания патентов и авторских свидетельств по классам H01J, H01S, H05H, C23C.

Приложение А

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ЗАДАНИЙ

1. Процесс формирования волновода на стекле
2. Процесс формирования волновода на ниобате лития
3. Процесс магнетронного формирования контактов микросхемы
4. Процесс формирования декоративного покрытия из алюминия под золото.
5. Имплантация ионов цинка в кристалл ниобата лития титана или циркония.
6. Электродуговое формирование титановых покрытий на ниобате лития
7. Процесс антикоррозийного покрытия трубчатых элементов изнутри
8. Процесс декоративного покрытия металлических трубчатых элементов снаружи.
9. Процесс тонирования стекол.
10. Формирование трафарета для литографии на кремнии.
11. Напыление покрытия на держатель манипулятора установки эпитаксии.
12. Напыление нитрида титана на держатель подложки
13. Напыление серебра на медные вакуумные уплотнения.
14. Отжиг и очистка проволоки из вольфрама в тлеющем разряде.
15. Упрочнение шторок установок эпитаксии.
16. Напыление нитрида циркония на лопатки авиационных турбин.
17. Упрочнение фрагмента конвейера установки эпитаксии электронным ударом.
18. Изготовление антибликовых покрытий методом ионной обработки.
19. Таймерная программа сопровождения технологического процесса
20. Электронно-лучевая сварка керамики.
21. Металлизация пластмассовых изделий.
22. Распыление фторопласта в порошок.
23. Электронно-лучевая сварка титана, алюминия и др.
24. Напыление ферромагнитного покрытия на пластмассовые диски.
25. Декоративное напыление на керамику под золото.
26. Масс-спектрометрия газов при формировании пленок
27. Упрочнение азотированием в тлеющем разряде.
28. Ионное травление ниобата лития.
29. Напыление прочных зеркал с внешним отражающим покрытием
30. Металлизация органической пленки.

Приложение Б
График выполнения задания

Недел я	Содержание работы	Объем работы, %
1.	Ознакомление с заданием, анализ условий проведения процесса и обзор литературы. Обоснование метода решения задачи	5
2	Выбор режимов работы устройства. Обоснование применяемых материалов и откачного оборудования, элементов внутри камерного оборудования. Описание принципа работы источника электронов или ионов.	10
3	Расчет вакуумной системы: 1) расчет откачных средств; 2) электрофизический расчет;	20
4	Технологическая часть, Экспериментальная часть	30
5-9	2) Конструкторская часть б) схема устройства и его спецификация.	
10	Алгоритм проведения процесса и описание работы установки в целом	85
	Оформление пояснительной записки с приложением.	90
	Сдача задания на проверку	100

Приложение В

Министерство образования Российской Федерации
Федеральное образовательное бюджетное учреждение высшего
профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники» (ТУСУР)

Кафедра ЭП

НАЗВАНИЕ

Индивидуальное задание к самостоятельной работе по дисциплине

ФЭТ СР. 559.2000.010 ПЗ (№ из кабинета проектирования)

Студент гр. 359/2

_____ Т.В. Маслова

_____ 200 г.

Руководитель

к.т.н., доц. каф. ЭП ТУСУР

_____ М.А. Петров

_____ 200 г.

2012

Приложение Г
Реферат

Задание 90 с., 3 рис., 30 табл., 25 источников, 3 прил., 4 л. графич. материала.

НИОБАТ ЛИТИЯ, ТЕРМИЧЕСКОЕ ИСПАРЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ВАКУУМЕ, НАНОСЛОИ.

Рассматривается процесс формирования волновода на ниобате лития. Нанослой из окиси титана толщиной 0,5 мкм формируется методом термического испарения материалов в вакууме при давлении 0,01 Па. Процесс проводится на установке УВН-2 М.

Напряжение на испарителе составляет 3 В, ток испарителя 200А. Расстояние от испарителя по подложки 170 мм.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2003 и представлена на CD (в конверте на обороте обложки).

Отзыв на работу:

Уровень математического аппарата – арифметический (3 балла)

Уровень компьютерной графики – пакет Png (3-4 балла)

Уровень применения ЭВМ – программы отсутствуют (3 балла)

Творческое задание: Написать руководство для постановки лабораторной работы: «Формированием волноводного слоя из окиси цинка на стекле». (Выполнено 5 баллов)

Рекомендация к участию в конкурсе студенческих работ или в конференции (5 баллов)

Наличие публикаций: приложена ксерокопия (5 баллов)

Министерство образования Российской Федерации
 Федеральное образовательное бюджетное учреждение высшего
 профессионального образования
 «Томский государственный университет систем управления
 и радиоэлектроники» (ТУСУР)

Кафедра электронных приборов

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

по дисциплине

Технология ...

студенту

Фамилия, имя, отчество (полностью)

группа

Факультета электронной техники

1. Тема задания:

Процесс

2.Срок сдачи студентом законченного задания

3.Исходные данные к объем рабочей камеры

m^3

задание

рабочее давление 10^{-2} Па; рабочий газ аргон (азот)

вакуумная система масляная (безмасляная); площадь подложек $0,25 m^2$

время проведения процесса не более 40 минут

4.Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов вопросов):

Заполняется согласно глав содержания

Приложение: программа конкретного процесса на C^{++} (и т.д.)

5.Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Схема вакуумной системы, схема источника частиц, схема последовательности технологических операций, кривые согласования откачных средств

6.Дата выдачи задания

Дата, месяц, год

Руководитель

должность, место работы,

фамилия, имя, отчество

Задание принял к исполнению

(подпись студента)

Учебное пособие

Орликов Л.Н.

Спец. вопросы технологии

Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и
по самостоятельной работе

Усл. печ. л. _____. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40