

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

Кафедра электронных приборов

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»
(специальность «Электронные приборы и устройства»)

2012

Орликов Леонид Николаевич.

Технология материалов и изделий электронной техники: учебно-методическое пособие по самостоятельной работе для студентов направления «Электроника и микроэлектроника» (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. - 26 с.

Целью настоящего пособия является углубление понимания процессов, происходящих при формировании материалов и изделий. Уделяется внимание процессам обеспечения рабочей среды при формировании нанослоев, процессам подготовки изделий к технологическим операциям. Рассматриваются вопросы, выносимые на самостоятельную подготовку дисциплины. Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Электроника и микроэлектроника» (специальность «Электронные приборы и устройства» по дисциплине «Технология материалов и изделий электронной техники».

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.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»
(специальность «Электронные приборы и устройства»)

Разработчик
д-р техн. наук, проф.каф.ЭП
_____Л.Н.Орликов
«__» _____ 2012 г

Содержание

Введение.....	5
Раздел 1. Физико-химические основы технологических процессов в производстве материалов и изделий электронной техники	5
1.1 Содержание раздела	5
1.2 Методические указания по изучению раздела	6
1.3 Вопросы для самопроверки	6
Раздел 2. Кинетические диффузионные и поверхностные явления и межфазные взаимодействия в технологических процессах	6
2.1 Содержание раздела	6
2.2 Методические указания по изучению раздела	7
2.3 Вопросы для самопроверки	7
Раздел 3. Физические основы вакуумной, ионно-плазменной, электронно-лучевой и лазерной технологии	7
3.1 Содержание раздела	7
3.2 Методические указания по изучению раздела	8
3.3 Вопросы для самопроверки	8
Раздел 4. Основы технологии изготовления приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной и микроэлектроники	8
4.1 Содержание раздела	8
4.2 Методические указания по изучению раздела	9
4.3 Вопросы для самопроверки	9
Раздел 5. Автоматизация процессов производства электронных приборов и устройств	10
5.1 Содержание раздела	10
5.2 Методические указания по изучению раздела	10
5.3 Вопросы для самопроверки	10
Раздел 6. Эксплуатация и сервисное обслуживание технологического оборудования	11
6.1 Содержание раздела	11
6.2 Методические указания по изучению раздела	11
7 Лабораторные работы	12
8 Практические занятия	14
8.1 Общие положения	14
8.2 Тестовые вопросы для подготовки к практическим занятиям	15
9 Курсовое проектирование	22
10 Темы для самостоятельного изучения	22
Список литературы	24

Введение

Целью самостоятельной работы в дисциплине «Технология материалов и изделий электронной техники» 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 оптической электроники и фотоники. 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 перечень важнейших изучаемых тем учебного курса, приведены вопросы для самопроверки, приведены темы индивидуальных самостоятельных работ.

Раздел 1. Физико-химические основы технологических процессов в производстве материалов и изделий электронной техники

1.1 Содержание раздела

Металлы и сплавы и методы их производства. Физико-химические процессы получения некоторых полупроводниковых кристаллических материалов. Материалы для элементов на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Физико-химические процессы производства диэлектрических материалов. Физико-химические основы получения порошковых материалов. Физико-химические процессы получения газообразных и жидких материалов. Характеристика физико-химических методов обработки материалов, используемых в производстве электронных приборов. Физико-химические методы формирования пленочных материалов на элементах электронных приборов. Физико-химические процессы получения наноматериалов. Маркировка эпитаксиальных структур. Основы построения технологических процессов.

1.2 Методические указания по изучению раздела

Под физико-технологическими основами технологических процессов понимается изменение параметров материалов, приводящее к изготовлению того или иного изделия. Технологические процессы связаны с изменением физических и химических свойств материалов. Основными параметрами процессов является температура, давление, концентрация вещества. Изменение физических свойств вещества (температуры, давления, или концентрации), связано с изменением химических свойств (межмолекулярных связей, хемосорбции, и др.).

Вопросы для самопроверки

1. Каковы методы выращивания кристаллов?
2. Как производится вольфрамовая проволока?
3. Как изготавливается керамика?
4. Каковы методы получения стекла?
5. Каковы методы получения порошков?
6. Как получают слоистые материалы?
7. Как выглядит общая схема очистки материалов?
8. Каковы методы получения наноматериалов?
9. Как проводится процесс термического испарения материалов в вакууме?
10. Как проводится газофазная эпитаксия?

Раздел 2. Кинетические диффузионные и поверхностные явления и межфазные взаимодействия в технологических процессах

2.1 Содержание раздела

Уравнения состояния процесса. Кинетическое уравнение элементарного технологического процесса откачки газа. Кинетика термического испарения материалов в вакууме. Физико-химические процессы кинетики конденсации пленок. Кинетика формирования пленок на подложке. Поверхностные явления при проведении технологических операций. Диффузионные явления в технологических процессах. Диффузионное уравнение. Диффузионное газовыделение. Поверхностная диффузия при формировании пленок. Объемная диффузия при легировании материалов. Определение механизма диффузии газов из материала. Контроль диффузионных слоев. Межфазные взаимодействия в технологических процессах. Теплота, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, свободная энергия. Фазовая диаграмма. Применение теории межфазных взаимодействий при формировании высококачественных пленок. Кинетика процесса молекулярно-лучевой эпитаксии. Фазовая

диаграмма процесса роста эпитаксиальных пленок. Кинетика наноразмерных структур

2.2 Методические указания по изучению раздела

В этом разделе следует обратить внимание на законы Фика для диффузии, особенности проведения термических процессов, методы стимулирования диффузии. Наиболее обобщающие материалы сведены в вопросы для самопроверки.

2.3 Вопросы для самопроверки

1. Из каких составляющих складывается суммарный газовый поток при откачке вакуумной системы?
2. Какая температура принимается за температуру испарения материала?
3. Какие критерии учитываются при анализе сочетаемости материалов в процессе термического испарения материалов в вакууме?
4. Какие вещества попадают на подложку в процессе термического испарения материалов в вакууме в типовой вакуумной установке?
5. По каким критериям определяется подобие технологических процессов?
6. Как практически отличить выделение газов из поверхности материала от выделения газов, растворенных в объеме материала?
7. Каковы схемы механизмов поверхностной и объемной диффузии?
8. Какова суть первого и второго законов Фика для диффузии?
9. Как определить направление газофазной реакции в ходе технологического процесса?
10. Чем отличается диаграмма фазных состояний от диаграммы изобарного потенциала?

Раздел 3. Физические основы вакуумной, ионно-плазменной, электронно-лучевой и лазерной технологии

3.1 Содержание раздела

Вакуумная технология. Лазерная технология. Электронно-лучевая технология. Ионно-лучевая технология. Плазменная технология. Применение потоков электронов ионов и плазмы в упрочняющих технологиях.

3.2 Методические указания по изучению раздела

В данном разделе следует обратить внимание на отличие в получении вакуума, содержащего углеводороды (масляный вакуум), и не содержащего углеводороды (безмасляный вакуум). В подразделе электронно-лучевая, ионно-лучевая и плазменная технология следует обратить внимание на общие и различительные элементы источников частиц. Это позволит легко определять устройства по функциональному признаку.

3.3 Вопросы для самопроверки

1. Как проводится расчет вакуумных систем?
2. Какой принцип работы термодатчика и ионизационного датчиков давления?
3. Какой принцип идентификации масс ионов в магнитном поле?
4. Каковы преимущества лазерного формирования пленок перед термическим испарением материалов в вакууме?
5. Как проводится расчет мощности источника электронов для проведения технологической операции?
6. Каковы принципиальные схемы источников для получения ионов металлов и ионов газов?
7. Какие механизмы ионного травления материалов Вам известны?
8. Какое принципиальное устройство плазмотрона для наплавки материалов при атмосферном давлении?
9. Каковы методы измерения твердости материалов?
10. Как упрочняют материал сильноточными ионно-электронными пучками?

Раздел 4. Основы технологии изготовления приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной и микроэлектроники

4.1 Содержание раздела

Технология производства электровакуумных приборов. Технология изготовления газопоглотителей, электронно-лучевых трубок. Производство цветных кинескопов. Технология изготовления приборов плазменной электроники, электронных приборов твердотельной микроэлектроники. Технология формирования покрытий деталей электронных приборов. Технология соединения элементов электронных приборов. Литография, другие виды литографии. Планарная технология изготовления оптоэлектронных приборов. Эпитаксиальная технология изготовления твердотельных электронных приборов. Технология формирования акустоэлектронных элементов на поверхностных

акустических волнах (ПАВ). Специальные технологии в производстве электронных приборов.

4.2 Методические указания по изучению раздела

В этом разделе следует обратить внимание на достоинства и недостатки методов нанесения пленок, а также на методы повышения прочности удержания пленок на поверхности (повышение адгезии).

В эпитаксиальной технологии обращается внимание на условия проведения процесса и реакции, возникающие при синтезе нанослоев.

В теме «Технология изготовления электронных приборов» обращается внимание на методы очистки изделий от внутренних газов и поверхностных загрязнений».

При изучении литографии следует обратить внимание на разрешающие возможности различных литографий и общую схему литографического процесса.

В теме «Технология соединения элементов электронных приборов» обращается внимание на марки керамик и типы металлокерамических спаев.

Для темы «Технология формирования покрытий деталей электронных приборов» очень важно сравнение методов формирования покрытий в зависимости от требований к электронному прибору.

В теме «Основы изготовления оптоэлектронных приборов по полупроводниковой технологии» следует обратить внимание на планарную технологию формирования элементов, на последовательность технологических операций.

В теме «Специальные технологии в производстве электронных приборов» обращается внимание на взаимодействие различных технологий, обеспечивающих замкнутый цикл изготовления прибора.

4.3 Вопросы для самопроверки

1. Какова схема конструкции оксидного катода?
2. Какова технология пайки керамики с металлами?
3. Какое различие в применении распыляемых и не распыляемых газопоглотителей?
4. Какова технология изготовления экрана кинескопа?
5. Как выглядит равноконтрастная цветовая диаграмма?
6. Какое назначение маски кинескопа?
7. Каковы основные этапы типового литографического процесса?
8. Каковы факторы, ограничивающие разрешающие возможности различных видов литографий?
9. Каковы технологические приемы повышения радиационной стойкости электронных приборов?

10. Какова технология изготовления оптического волновода?

Раздел 5. Автоматизация процессов производства электронных приборов и устройств

5.1 Содержание раздела

Типовой технологический процесс. Языки пользователя для программирования электрофизических установок. Язык релейно-контактных символов, язык Время-команда, Время –параметр, язык КАУТ. Порядки математического описания систем автоматики. Устойчивость технологических процессов. Принцип Кюри при анализе сложных технологических систем. Системы регистрации и первичной обработки сигналов. Общая схема регулирования технологических процессов. Пневмоавтоматика. Числовое программное управление технологическими процессами обработки материалов. Оптимизация технологических процессов. Робототехнические комплексы и автоматизированные рабочие места. Уровни интеллекта в системах автоматического управления и регулирования технологическими процессами. Примеры разработки систем автоматизации некоторых технологических процессов.

5.2 Методические указания по изучению раздела

В этом разделе особое внимание обращается на законы управления типа П, ПИ, ПИД. Важным является освоение языков пользователя для программирования: время-команда, время параметр, язык типа КАУТ. Следует обратить внимание на математические модели объектов.

5.3 Вопросы для самопроверки

1. В чем отличие процесса автоматизации от автоматического регулирования?
2. Каковы достоинства и недостатки систем пневмоавтоматики?
3. Какие законы регулирования параметров приняты в технике?
4. Как проводится анализ устойчивости систем управления?
5. Как формулируется принцип Кюри?
6. Как различаются порядки математического описания систем автоматики?
7. Как программируется работа электрофизических установок на языке релейно- контактных символов?
8. Каковы способы задания траектории инструмента в системах числового программного управления?
9. Какие схемы оптимизации известны в системах автоматики?
10. Как подразделяются робототехнические комплексы по уровню интеллекта?

Раздел 6. Эксплуатация и сервисное обслуживание технологического оборудования

6.1 Содержание раздела

Типовой технологический процесс и его сервис. Правила устройства электроустановок. Аварийные и предельные режимы работы оборудования. Сервисное обслуживание различных типов вакуумных установок, вакуумных насосов. Монтаж вакуумных установок. Сервисное обслуживание электрооборудования вакуумных установок. Сервис отдельных блоков электрофизических установок и источников частиц. Сервисное обслуживание систем очистки воздуха, специальных установок для утилизации. Эксплуатация и сервисное обслуживание установок нанотехнологии типа Катунь. Сервис оборудования для контроля параметров пленок.

6.2 Методические указания по изучению раздела

В данном разделе обращается внимание на блок-схемы электрофизических установок, схемы блоков, обеспечивающих работоспособность оборудования; на предельные режимы эксплуатации оборудования. Полезно ознакомиться с проспектами фирм, поставляющих различное оборудование.

6.3 Вопросы для самопроверки

1. Каковы юридические и технические правила устройства электроустановок?
2. Какие аварийные режимы могут проявиться на электрофизических установках и как они устраняются?
3. Каковы методы быстрого поиска негерметичности вакуумных систем?
4. В чем отличие сервисного обслуживания установок с масляными и безмасляными средствами откачки?
5. Как устроен модуль очистки воздуха для технологических целей?
6. Каков порядок утилизации отработанных материалов и веществ?
7. Каковы особенности сервисного обслуживания источников заряженных частиц?
8. Каковы особенности охлаждения элементов, находящихся под высоким напряжением?
9. Каковы особенности сервисного обслуживания установок, содержащих емкостные накопители?
10. Как проводится сервис оборудования для контроля параметров пленок?

7 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 и в часы сверх расписания по договоренности с преподавателем. 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, желательно ставить пробные опыты, которые преследуют несколько целей:

- экспериментатор «знакомится» с данным экспериментом. В каждом эксперименте своя методика и связанные с нею 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, составленным по установленной форме, и содержать следующие разделы: наименование работы; цель работы; индивидуальное задание; применяемая аппаратура; ее описание (система, класс, цена давления и т.д.); краткое

изложение методики, схемы опытов; таблицы данных измерений; итог обработки результатов и расчетные формулы; графики; анализ результатов и погрешностей; фрагмент конструкции соединения. Список литературы.

Анализ результатов является важной частью отчета. 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 масляных средств откачки
2. Исследование проводимости вакуумных коммуникаций
3. Исследование вакуумной системы на герметичность
4. Исследование состава остаточной атмосферы в отпаянном приборе с помощью омега-тронного масс-спектрометра
5. Исследование процессов газовыделения материалов в вакууме
6. Исследование процесса электронно-лучевой обработки материалов в безмасляном вакууме
7. Изучение вакуумметрического метода нанесения проводящих и резистивных покрытий
8. Исследование процесса ионно-плазменного распыления материалов

8 Практические занятия

8.1 Общие положения

На практических занятиях студенты приобретают навык моделирования и прогнозирования технологических операций по изготовлению электронных приборов. Студентам предлагается оценка граничных условий применения соотношений, умение составления программ для расчетов, умение сравнивать полученные результаты с аналогами и достижениями в данной области.

Перед практическими занятиями студент должен повторить лекционный материал, ответив на вопросы для самоконтроля по необходимой теме, а также просмотреть рекомендации по решению типичных задач этой темы. Темы практических занятий приведены ниже:

1. Технологичность и проектирование технологий
2. Вакуумная технология
3. Подготовка изделий к технологическим операциям
4. Пленочная технология, эпитаксия

5. Технология интегральных микросхем, интегральная оптика, литография, термические процессы
6. Технология электровакуумных приборов
7. Лучевые технологии (электронно-лучевая, лазерная)
8. Высокие технологии (упрочняющая, плазменная, порошковая)
9. Автоматизация технологических процессов
10. Числовое программное управление

8.2 Тестовые вопросы для подготовки к практическим занятиям

Занятие 1. Технологичность и проектирование технологий

1. Выберите процент стандартизации изделия, если число стандартных изделий подобного типа, число покупных деталей и число стандартных изделий без крепежа равны друг другу? 1 - 0,5; 2 - 2; 3 - 4
2. Выберите коэффициент повторяемости изделий, если число оригинальных деталей в изделии $N=4$, а суммарное число проекций этих изделий в чертежах равно 8. $K=$: 1 - 0,5; 2 - 2; 3 - 32
3. Выберите коэффициент параллельности работы напылительной установки, если за время всего процесса (4 часа) нагрев подложки и обезгаживание испарителя проводились одновременно в течение 1 часа. 1 - 0,25; 2 - 4; 3 - 2
4. Укажите порядковый номер ответа в расчете коэффициента стабильности процесса, если дисперсия мгновенного распределения контролируемого параметра $\sigma_m=0,1$, а средне квадратичное отклонение всех параметров $\sigma=0,2$. 1 - 0,02; 2 - 0,5; 3 - 2
5. При освоении новой продукции энергозатраты машинного труда увеличилась в 2 раза, а энергозатраты ручного труда сократилась в 2 раза. Как изменится эрготический показатель автоматизации процесса. 1 - увеличится, 2 - уменьшится; 3 - останется прежним.
6. В документе указана последовательность технологических операций. Это 1 - технологическая карта, 2 - маршрутная карта, 3 - операционная карта.
7. Какой основной показатель технологичности при изготовлении детали: 1 - трудоемкость, 2 - условие сборки, 3 - стандартность.
8. Выберите качественный критерий оценки технологичности. 1 - материалоемкость, 2 - патентный анализ, 3 - сравнение с эталоном.
9. Укажите вариант изготовления детали по прогрессивной технологии. 1 - применение современных материалов, 2 - изготовление по однократной технологии, 3 - изготовление из стандартных элементов.
10. Укажите критерий оценки сложности изготовления конструкции. 1 - большое число рабочих чертежей, 2 - большое число проекций одной детали, 3 - применение определенной последовательности операций сборки деталей.

Занятие 2. Вакуумная технология

1. Какой предельный вакуум обеспечивают серийные форвакуумные одноступенчатые насосы? 1 Па; 0,1 Па; 5 Па
2. По мере уменьшения давления в вакуумной системе, начиная с какого вакуума можно измерять давление датчиком ПМИ-2? 1 Па; 0,1 Па; 10 Па.
3. На каком минимальном давлении механический форвакуумный насос обеспечивает максимальную производительность? 1 Па; 0,1 Па; 100 Па.
4. Какое назначение регулятора напряжения нагревателя диффузионного насоса в гелиевом течеискателе? 1 - для регулировки напряжения нагрева, 2 - для уменьшения времени выхода на режим, 3 - для повышения чувствительности.
5. Какое назначение газобалластного устройства? 1 - для регулировки давления на входе вакуумнасоса, 2 - для улучшения откачки конденсирующихся газов, 3 - для уменьшения шума при работе вакуумнасоса
6. Чем обусловлено предельное минимальное давление диффузионного вакуумнасоса? 1 - производительностью самого насоса, 2 - испарением паров рабочей жидкости, 3 - минимальным давлением на выходе насоса.
7. Как изменяется проводимость вакуумной коммуникации с изменением температуры газа? 1 - возрастает, 2 - не изменяется, 3 - уменьшается.
8. В каком случае вакуум считается безмасляным? 1 - применены безмасляные откачные средства, 2 - работа проводится в сверхглубоком вакууме, 3 - в спектре остаточных газов отсутствуют углеводороды.
9. При неоднократном поиске течи предельно достигаемое давление в системе составляет 10 Па и уменьшается на 1 Па после каждого испытания. Определите 1 - система негерметична, 2 - система обезгаживается, 3 - имеется погрешность в системе измерения давления.
10. Укажите марку установки вакуумного напыления 1-УВН-2М, УРМ-2, МИР-2.

Занятие 3. Подготовка изделий к технологическим операциям

1. При прогреве изделия основное обезгаживание прошло за несколько минут. Какой основной механизм сорбции газа? 1 – адсорбция, 2 – хемосорбция, 3 - абсорбция.
2. Почему высоковакуумные коммуникации не выполняют из резины? 1 - сжимаются под действием вакуума, 2 - большое газовыделение и проницаемость для газов, 3 - резина боится паров масел.

3. При травлении кристалла скорость травления вглубь в 5 раз превышает скорость травления вдоль поверхности. Каков показатель анизотропии? 1 - 5; 2 - 1/5; 3 - 1.

4. Деионизованная вода для очистки изделий – это: 1 - продукт двойной дисциляции воды, 2 - продукт обработки воды ионообменными смолами, 3 - вода, обработанная в электрическом разряде.

5. Газовое травление кремниевых структур это: 1 - травление в газовом разряде, 2 - травление при высокой температуре в среде активного газа, 3 - травление в высокочастотном поле в среде галогеносодержащих газов.

6. С какого времени оценивается начало процесса ионного травления? 1 - с момента зажигания разряда, 2 - с момента обеспечения плотности тока более 7 mA/cm^2 , 3 - с момента изменения вольт-амперной характеристики.

7. Что в большей мере влияет на скорость ионного травления? 1 - напряжение разряда, 2 - ионный ток, 3 - механизм ионного травления.

8. Сколько основных механизмов ионного травления Вы знаете?

9. Как изменяется проницаемость материалов при повышении температуры? 1 – увеличивается, 2 – уменьшается, 3 - не изменяется.

Занятие 4. Пленочная технология, эпитаксия

1. Сколько типов пленок Вы знаете? 1, 2, 4.

2. В каком случае больше адгезия пленок: при термическом (1) или электродуговом (2) испарении пленок в вакууме?

3. Какой фактор преобладает при подаче смещающего потенциала до 200 В на подложку при ионно-плазменном напылении материалов. 1 - повышение адгезии, 2 - уменьшение количества газа в пленке, 3 - повышение скорости напыления.

4. Каким способом предпочтительнее измерить толщину полупрозрачной металлической пленки? 1 - по электропроводности, 2 - по пропусканию света, 3 - эллипсометрическим способом.

5. Для чего проводится напыление с подслоем? 1 - для улучшения внешнего вида изделий, 2 - для повышения адгезии, 3 - для уменьшения шероховатости поверхности

6. Рассчитайте абсолютные величины изобарного потенциала при термовакuumном напылении пленки от температуры испарения 1000° до 2 Па с шагом 0,2 Па.

7. Какой предельный угол между одноименными гранями кристаллической пленки, более которого пленка считается не эпитаксиальной? 10, 20, 30 градусов.

8. Как изменится скорость осаждения пленки на подложку, если давление в вакуумной камере повысится от 0,01 до 1 Па. 1 - не изменится, 2 - уменьшится, 3 - увеличится.

9. Какова единица измерения поверхностного сопротивления пленок. 1 - Ом, 2 - Ом/квadrat, 3 - Ом/см².

Занятие 5. Технология интегральных микросхем, интегральная оптика, литография, термические процессы

1. Какой путь повышения радиационной стойкости ИМС наиболее прогрессивен? 1 - экранирование свинцом, 2 - напыление высокоомной оксидной изоляции, 3 - соединение микросхем по схеме с общим эмиттером.

2. Какая литография из перечисленных имеет лучшую разрешающую возможность? 1 - фотолитография, 2 - рентгенолитография, 3 - ионолитография.

3. Мультипликация – это: 1 - размножение фрагментов микросхемы, 2 - единичное воспроизведение фрагмента, 3 - воспроизведение фрагмента на фотошаблоне.

4. Какой показатель имеет косвенное отношение к элементам интегральной оптики? 1 - показатель преломления, 2 - число мод, 3 - стойкость к рентгеновскому излучению

5. Какой метод совмещения фрагментов микросхем имеет наибольшую точность? 1 - визуальный, 2 - по базовым элементам, 3 - с контролируемым зазором.

6. У какого резиста выше разрешающая способность? 1 - ФН188, 2 - ФП333, 3 - ПВЦ-Н.

7. Какие резисты тяготеют к электрофизическим методам обработки? 1 - негативные, 2 - позитивные, 3 - позитивные и негативные.

8. Какая из указанных термопар имеет наибольший срок службы в химически активной газовой среде? 1 - ХА, 2 - ХК, 3 - Pt- Ro.

9. Сколько механизмов объемной диффузии получили в настоящее время наибольшее распространение. 1, 2, 4?

10. Какой из перечисленных механизмов диффузии относится к поверхностной? 1 - вакансионный, 2 - перекасти поле, 3 - краудионный.

Занятие 6. Технология электровакуумных приборов

1. L - катод – это? 1 - оксидный катод, 2 - катод с адсорбирующим слоем, катод из чистого металла.

2. Нарастивание диэлектрического слоя на изделие, находящееся в электролите под положительным потенциалом называется: 1 - катафорез, 2 - анафорез, 3 - электрофорез.

3. Каким способом наиболее технологично изготавливают ячеистые аноды? 1 - фрезерование, 2 - штамповка, 3 - травление.

4. Какие сетки из предложенных наиболее часто применяются в СВЧ лампах? 1 - дисковые и стержневые, 2 - плетеные и витые, 3 - электролитические.

5. Чем обусловлено газовыделение нераспыляемых геттеров? 1 - насыщением по поглощению газа, 2 - перегревом и нарушением константы равновесия, 3 - разложением материала геттера.

6. Для чего в керамику вводится стеклофаза? 1 - как наполнитель, 2 - для улучшения герметичности пайки, 3 - для уменьшения СВЧ потерь.

7. Сколько конструкций основных типов спаев для СВЧ радиоламп Вы знаете?

8. Для чего проводится отжиг экранов кинескопов? 1 - для снятия внутренних напряжений в стекле, 2 - для выжигания биндера, 3 - для закрепления антибликового покрытия.

9. Операция флокирования экрана это: - 1 - нанесение слоя люминофора в электростатическом поле, 2 - нанесение одного слоя покрытия на другой, 3 - нанесение слоя материала по определенному трафарету.

10. Назначение аллюминирования экранов кинескопов предназначено: 1 - для лучшего закрепления люминофорного слоя, 2 - для защиты люминофора от ионной бомбардировки, 3 - для защиты от рентгеновского излучения.

Занятие 7. Лучевые технологии (электронно-лучевая, лазерная)

1. Какой тип электронной пушки предпочтительнее для размерной микрообработки изделий в глубоком вакууме? 1 - на основе высоковольтного тлеющего разряда, 2 - пушка с термокатодом, 3 - пушка на основе разряда Пеннинга.

2. На какую глубину проникают электроны при электронно-лучевой сварке металлических пластин толщиной 10 мм в условиях кинжального проплавления? 1 - единицы микрон, 2 - 10 мм, 3 - более 10 мм.

3. При толщине пластин 10 мм ширина шва электронно-лучевой сварки равна 3 мм. Какова ориентировочно должна быть глубина проплавления в режиме мягкого режима сварки. 1 - 3 мм, 2 - 5 мм, 3 - 10 мм?

4. Выберите вариант вакуумной плавки титана в тигле. 1 - с помощью пушки на основе высоковольтного тлеющего разряда, 2 - с помощью лазера, 3 - с помощью электрической дуги.

5. Какая энергия ионов наиболее предпочтительна для ионной имплантации атомов фосфора в кремний? 1 - до 10 кэВ, 2 - до 20 кэВ, 3 - более 30 кэВ.

6. Какая температура катода пушки на основе высоковольтного тлеющего разряда? 1 - около 2000 градусов, 2 - катод холодный, 3 - 600 градусов

7. Какая система отклонения ионного пучка наиболее эффективна? 1 - электромагнитная, 2 - электростатическая, магнитная.

8. Сравните, где больше концентрация мощности: 1 - в электронном луче, 2 - в лазерном луче, 3 - плотности мощности лазерного и электронного луча соизмеримы.

9. По какому критерию можно выбрать мощность лазера? 1 - исходя из плотности мощности для испарения материала, 2 - чем больше - тем лучше, 3 - из условия возможности транспортировки энергии на большое расстояние.

10. Каковы преимущества лазерного сверления отверстий диаметром более 1 мм перед другими методами? 1 - большая скорость процесса, 2 - большая глубина сверления, 3 - преимуществ нет.

Занятие 8. Высокие технологии (упрочняющая, плазменная, порошковая)

1. Во сколько раз можно повысить твердость упрочняемого материала? 1 - в 2-3 раза, 2 - в 2- 5 раз, 3 – в 3-10 раз.

2. Каким методом измеряется твердость при вдавливании твердосплавного конуса? 1 - по Бринелю, 2 - по Роквеллу, 3 - по Виккерсу.

3. Скорость углеводородной плазмы составляет $10E7$ см/с. Упрочняется деталь или нет? 1 - упрочняется, 2 - не упрочняется, 3 - твердость уменьшается.

4. Какой набор дозы необходим при ионной имплантации при упрочнении материалов?

5. Вследствие чего плазменная сварка применяется гораздо реже плазменной резки? Вследствие 1 - большого отношение ширины шва к глубине, 2 - малой области прогрева металла, 3 - невозможности сварки разнородных материалов.

6. Какой из металлов может быть использован в качестве катода плазмотрона, работающего на воздухе? 1 - вольфрам, 2 - гафний, 3 - титан.

7. Что такое золь-гель-процесс? Это: 1 - легирование и округление частиц порошка, 2 - сортировка по размерам, 3 - обработка порошков в восстановительной среде.

8. Каким методом получены порошки, имеющие вид деревьев? 1 - методом взрывающейся проволоки, 2 - химическим методом, 3 - электродуговым.

9. Какой материал выполняет роль смазки при прессовании порошков? 1 - медь, 2 - парафин, 3 - никель.

10. Каким методом чаще получают ультрадисперсные порошки? 1 - распылением материалов электронным лучом, 2 - электродуговым распылением, 3 - распылением металлов в вакууме.

Занятие 9. Автоматизация технологических процессов

1. Сколько законов регулирования нашли наиболее широкое распространение в системах управления технологических процессов? 1, 2, 3.
2. Сколько команд положено в основу построения языка релейно-контактных символов? 1 - Без команд, 2 - 1 команда, 3 - 4 команды.
3. Сколько команд положено в основу языка КАУТ? 4, 2, 6
4. Сколько типов групповых измерительных преобразователей Вы знаете? 1, 2, 4
5. Какой номер уровня децентрализованного управления выполняется при срабатывании аварийной блокировки? 1 - 1, 2 - 2, 3 - 3.
6. Отличие помехи от истинного датчика распознается по сравнению с контрольной функцией, по осциллограмме, по амплитуде.
7. Определите активный пневмоэлемент 1 - пневмоемкостной, 2 - пневмоиндуктивный с нагревом, 3 - резонатор.
8. Какая передаточная функция пневмоэлемента реализуется при суммировании давлений? 1 - линейная, 2 - квадратичная, 3 – дифференцирующая
9. Какой закон управления газовым питанием реализуется на мембранном пневмоэлементе? 1 - ПИД, 2 - ПИ, 3 - П.
10. Пневмоэлемент типа «да-нет» что это? 1 - дешифратор, 2 - релейный элемент, 3 - сумматор.

Занятие 10. Числовое программное управление

1. Приведите возможные варианты кодировки операции шлифовки (код 500) с полировкой для станка с ЧПУ.
2. Что может применяться в качестве датчика отсчета координат в системах ЧПУ? 1 - микрометр, 2 - терморпара, 3 - штангельциркуль.
3. Для станков с ЧПУ не рекомендуются длинномерные консольные изделия по причине? 1 - возможны погрешности в системах отсчета, 2 - рассогласование с ходом обслуживающего станок робота, 3 - неудобство перебазируются.
4. На каком интерполяторе реализована программа робота, если движение его руки выполняется по формуле $X = 0,25 \cdot 30$? 1 - на линейном интерполяторе, 2 - на круговом интерполяторе, 3 - на цифровом дифференциальном анализаторе.
5. Приращение координаты руки робота задается оценочной функцией: $bz = x^2 + 4$. Вычислить общую длину вектора, если значение общего параметра (времени) равно 10, при шаге координаты $X=2$.
6. Перемещение резца выполняется по программе $X1=10 \cdot 10$, $X2=20 \cdot 10$, $X3=30 \cdot 10$. Определите цену дискретности, если тактовая частота равна 10 Гц.
7. На станке с ЧПУ изготавливаются детали диаметром 40 мм

длиной 500 мм. После координаты $X=500$ производится отрезка под углом 45 градусов. Определить координату перебазирующей “X”, когда деталь полностью отрезается.

8. Рассчитать поправку коррекции программы, если погрешность настройки инструмента $b_1=0,02$ мм, погрешность перебазирующей координат $b_2=0,01$ мм, погрешность обработки $b_3=0,04$ мм.

9. Точка прихода руки робота станка с ЧПУ выполнена по программе линейного интерполятора на цифровом дифференциальном анализаторе (ЦДА) и реализует зависимости типа: $X=b_x t$; $Y=b_y t$. При координате $X=25$ приращение $b_x=0,5$ мм. Считая интерполятор двухкоординатным, определить координату “Y”, если ее приращение $b_y=0,1$.

10. Определите тип управляющей системы устройства, если при изменении температуры печи окисления функционально изменяется программа подачи водяного пара. 1 - контурная, 2 - адаптивная, 3 - позиционная.

9 Курсовое проектирование

Цель курсового проектирования - развитие инженерных навыков разработки и конструирования технологической оснастки и узлов технологического оборудования.

Задачи курсового проектирования:

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 общепромышленных и профилирующих дисциплин, использование вычислительной техники, инженерных методов расчета, а также конструкторских навыков для проектирования оснастки и узлов технологического оборудования;

4) выработка и закрепление навыков грамотного изложения результатов работы и их защитой перед комиссией.

Основной тематикой курсовых проектов является проектирование и расчет перспективных технологических процессов по заказам предприятий.

10 Темы для самостоятельного изучения

Темы для самостоятельного изучения обобщают приобретенные знания и позволяют студенту самостоятельно решать задачи, возникающие при внедрении передовых технологий в производстве. Тематика

самостоятельных работ предполагает обработку материалов с помощью современных электронно-ионных и плазменных технологий. Отдельные фрагменты тем могут составлять предмет научных исследований.

Примерный перечень тем

1. Типовые технологические процессы производства электронных приборов
2. Аппаратурное обеспечение технологических процессов
3. Анализ инновационного проекта
4. Разработка вариантов схем построения электрофизических установок
5. Расчет вакуумных систем
6. Разработка схемы источника частиц
7. Составление последовательности технологических операций.
8. Расчет параметров распылительного устройства.
9. Расчет режимов технологического процесса
10. Составление программы управления технологическим процессом
11. Разработка варианта автоматизации процесса
12. Моделирование технологического процесса
13. Робототехника
14. Системы сбора и первичной обработки данных
15. Оптимизация технологических процессов

Узловая задача к контрольной работе №1

Задача 1. Нарисовать схему вакуумной установки общего назначения с расшифровкой элементов и диапазоном работы датчиков и вакуумных насосов. Задаваясь объемом камеры (от 0,1 до 3 м³) и напуском газа от 60×10^{-4} до 100×10^{-4} торл/с провести расчет суммарных газовыделений в рабочую камеру. Для рабочего давления 10^{-2} Па провести производительности высоковакуумного и форвакуумного насосов. Провести расчет проводимости вакуумной коммуникации на молекулярно-вязкостном режиме течения газа при длине форвакуумного трубопровода 1-3 метра. Провести расчет времени откачки вакуумной камеры высоковакуумным и форвакуумным насосом. Скорректировать объем камеры и напуск газа так, чтобы время откачки не превышало 1 час при выпускаемых промышленностью марках откачных средств.

Узловая задача к контрольной работе №2

Задача 2. Выберите конкретное изделие для напыления на него технологического покрытия конкретным методом. Обоснуйте достоинства и недостатки метода напыления пленки исходя из требований к изделию. Обоснуйте применяемый Вами способ измерения толщины пленки.

Опишите последовательность технологических операций подготовки изделия к напылению. Опишите, какие вещества могут входить в состав пленки.

Узловая задача к контрольной работе 3

Задача 3. Опишите схему устройства для нанесения покрытия на выбранное Вами изделие с указанием размеров. Опишите принцип работы устройства и диапазон его работы по току, напряжению и давлению. Рассчитайте мощность устройства, необходимую для напыления паров на это изделие. Приведите расчет 2х-3х параметров, характеризующих протекание процесса (например, скорости напыления, ларморовского радиуса, коэффициента распыления и т.д).

Узловая задача к контрольной работе №4

Задача 4. Опишите алгоритм включения и выключения предлагаемой Вами установки. Опишите возможные аварийные режимов и методы реанимации установки. Опишите рекомендуемые методы поиска течи. Приведите возможные применения проделанной Вами работы, возможные объемы и рынки сбыта установки или изделий. Возможные варианты перестройки под другой процесс.

Список литературы

К разделу 1. Физико-химические основы технологических процессов в производстве материалов и изделий электронной техники.

1. Барыбин А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы: учебное пособие/ А.А. Барыбин. – Физматлит 2006. – 424 с – ISBN 5- 9921-0679-1.

2. Пасынков В.В, Сорокин В.С. Материалы электронной техники: Учебник для вузов. – СПб.: Лань, 2003. – 368 с

3. Герасименко Н.Н., Пархоменко Ю.Н. Кремний – материал нанoeлектроники.//уч. пособие для вузов. Сер.Мир материалов и технологий. Техносфера, Москва, 2007, 352 с.

К разделу 2. Кинетические, диффузионные и поверхностные явления и межфазные взаимодействия в технологических процессах

1. Данилина Т.И. Смирнов С.В. Ионно-плазменная технология в производстве СБИС. – Томск: ТУСУР, 2000. - 140 с.

2. Таиров Ю.М. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов: Учебник для вузов. – СПб.: Лань, 2002, 424 с.

3. Черняев В.Н. Физико-химические процессы в технологии РЭА.–

М.: Высшая школа, 1987. – 375 с.

К разделу 3. Физические основы вакуумной, ионно-плазменной, электронно-лучевой и лазерной технологии

1. Жданов С.К., Курнаев В.А., Романовский М.К., Цветков И.В. Основы физических процессов в плазме и плазменных установках Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2000. – 260 с.

2. Кадыржанов К.К. Ионно-лучевая и ионно-плазменная модификация материалов./К.К. Кадыржанов [и др.].– М.: Из-во МГУ, 2005. – 640 с.

3. Вакуумные дуги. Теория и приложения./ Под ред. Дж. Лафферти. М.: Мир.– 1982, 432 с.

К разделу 4. Основы технологии изготовления приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной и микроэлектроники.

1. Данилина Т.И., Смирнова К.И., Илюшин В.А, Величко А.А. Процессы микро– и нанотехнологии. – Томск: ТУСУР, 2005. – 315 с.

2. Куц Г.Г. Оптоэлектронные устройства и приборы. – СПб.: Лань, 2001. – 176 с.

3. Пихтин. А.Н. Оптическая и квантовая электроника. – М.: Высшая школа, 2001. – 574 с.

К разделу 5. Автоматизация процессов производства электронных приборов и устройств.

1. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования Учебник для ВУЗов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 360 с.

2. Степанов М.Ф. Автоматизация эскизного проектирования систем автоматического управления.: Учебное пособие./ М.Ф. Степанов. Саратов, ГТУ, 2000, 110 с – ISBN 5-7433-0658-3.

3. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR, схемы, алгоритмы, программы. – М.: Изд. Дом «Додека XXI, 2004. – 250 с.

К разделу 6. Эксплуатация и сервисное обслуживание технологического оборудования.

1. Орликов Л.Н. Технология и автоматизация производства электронных приборов. – Томск: ТМЦДО, 2001. – Ч.1-2. – 150 с.

2. Симонов В.В. Оборудование ионной имплантации. М.: Радио и связь 1988, 182 с – ISBN 5-256-00071

3. Браун Я., Келлер Р, Холмс А и др. Физика и технология источников ионов. – М.: Мир, 1998. – 500 с.

Учебное пособие

Орликов Л.Н.

Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе
по дисциплине «Технология материалов и изделий электронной техники»

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