

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

Кафедра электронных приборов

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления
«Электроника и наноэлектроника»

Томск 2018

Орликов Леонид Николаевич.

Специальные вопросы технологии приборов квантовой электроники = Специальные вопросы технологии приборов квантовой электроники: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направления «Электроника и наноэлектроника» /Л.Н. Орликов. Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2018. – 19 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.

В результате изучения дисциплины студент приобретает адекватные современному уровню знаний научно обоснованные принципы производства приборов квантовой электроники; основные приемы естественно научного подхода к построению физико-математических моделей технологических операций. Это позволяет приобретать умения в выборе критериев и аргументов при решении конкретных профессиональных задач; строить научно обоснованные простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники; определять оптимальные режимы проведения технологических операций; использовать для анализа процессов стандартные программные продукты; ориентироваться и владеть стандартными программными средствами компьютерного моделирования схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Электроника и наноэлектроника».

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

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой ЭП
_____С.М. Шандаров
«__» _____ 2018 г.

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОВ
КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления
Электроника и наноэлектроника

Разработчик
д-р техн. наук, проф.каф.ЭП
_____Л.Н. Орликов
«__» _____ 2014 г.

Томск 2018

Содержание

Введение	6
Раздел 1 Вакуумная технология.....	6
1.1 Содержание раздела	6
1.2 Методические указания по изучению раздела	6
1.3 Вопросы для самопроверки	7
Раздел 2 Анализ вакуумных систем	7
2.1 Содержание раздела	7
2.2 Методические указания по изучению раздела	8
2.3 Вопросы для самопроверки	8
Раздел 3. Подготовка изделий квантовой электроники к технологическим операциям.....	9
3.1 Содержание раздела	9
3.2 Методические указания по изучению раздела	9
3.3 Вопросы для самопроверки	9
Раздел 4 Пленочная технология, эпитаксия	10
4.1 Содержание раздела	10
4.2 Методические указания по изучению раздела	10
4.3 Вопросы для самопроверки	10
Раздел 5 Сорбционные процессы на поверхности приборов квантовой электроники	11
5.1 Содержание раздела	11
5.2 Методические указания по изучению раздела	11
5.3 Вопросы для самопроверки	12
Тема 6 Сертификация технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов квантовой электроники.....	12
6.1 Содержание раздела	12
6.2 Методические указания по изучению раздела	12
6.3 Вопросы для самопроверки	13
Тема 7 Разработка документации по методам эксплуатации технического оборудования и программного обеспечения для обслуживающего персонала.....	13
7.1 Содержание раздела	13
7.2 Методические указания по изучению раздела	13
7.3 Вопросы для самопроверки	14
Тема 8 Компьютеризация технологических процессов	15
8.1 Содержание раздела	15

8.2 Методические указания по изучению раздела	15
8.3 Вопросы для самопроверки	15
9 Подготовка к контрольной работе	16
10 Темы для самостоятельного изучения	16
11 Темы индивидуальных заданий	17
Заключение.....	17
Рекомендуемая литература.....	18

Введение

Целью изучения дисциплины «Специальные вопросы технологии приборов квантовой электроники» является углубление понимания процессов, происходящих при формировании оптических материалов и изделий. Студенты приобретают навыки формирования нанослоев в условиях вакуума. Прививается навык в анализе разработки последовательностей технологических операций. Изучение дисциплины также определяется тем, что при прохождении преддипломной практики и оформлении выпускной работы будущий специалист электронной техники приобретает навыки рационального подхода к расчету и конструированию приборов квантовой электроники с учетом требований того или иного технологического процесса изготовления деталей, узлов и приборов.

В задачи изучения дисциплины входят изучение не только традиционных технологических процессов, но и основ проектирования технологической подготовки производства с применением ЭВМ, а также построение алгоритмов, формализованных и математических моделей процессов и их автоматизация.

В результате изучения дисциплины студенты должны приобрести навыки проектирования и эксплуатации технологического оборудования, умение проводить научные исследования и эксперименты, обрабатывать и анализировать полученные результаты.

Дисциплина базируется на знаниях полученных студентами при изучении таких дисциплин как “Введение в электронику”, “Математические основы естественно-научного образования”.

Раздел 1 Вакуумная технология

1.1 Содержание раздела

Средства получения вакуума для приборов квантовой электроники. Диффузионные насосы..

1.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Вакуумная технология» следует обратить внимание на физические принципы, лежащие в основе предельных возможностей откачного оборудования, построение баз данных имеющегося оборудования, инструментов и материалов, на технические возможности оборудования по техническим паспортам

Также следует обратить внимание на обзор литературы и анализ отечественных и зарубежных разработок по методам получения вакуума и его применению. Желательно построить схему реализации физического явления из анализа литературных данных. Обращается внимание на разработки установок с управлением от ЭВМ.

В результате изучения раздела дисциплины студент должен:

знать физические принципы изготовления приборов квантовой электроники;

уметь организовывать подготовку производства приборов квантовой электроники;

владеть навыками метрологического исследования параметров и характеристик схем вакуумных систем.

Форма контроля – проверка конспекта, опрос и проверка на практических занятиях (решение ситуационных заданий), тест.

1.3 Вопросы для самопроверки

1. Назовите критерии оценки режимов течения газа.
2. Как производится сложение проводимости вакуумпроводов?
3. Как меняется проводимость отверстий от рода газа и температуры?
4. Опишите принципы работы вакуумных насосов.
5. Объясните причины предельных возможностей откачных средств по давлению.
6. Какое назначение газового балласта?
7. Назовите специальные механические насосы
8. Приведите схемы манометров различного типа.
9. Проанализируйте ошибки и погрешности при измерения давления.
10. Объясните причины предельных возможностей датчиков давления

Раздел 2 Анализ вакуумных систем

2.1 Содержание раздела

Расчеты на герметичность в течеискании и масспектрометрии.
Тенденции развития масс-спектрометрии.

2.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении темы «Анализ вакуумных систем» следует обратить внимание на уточненную методику расчета вакуумных систем, когда в расчете необходимо учесть нагрев системы или наличие плазмы.

Следует обратить внимание на режимы течения газа, что определяет аргументированный выбор того или иного математического соотношения и использование соответствующего программного продукта. Исходя из технологического процесса, происходит выбор потока рабочего газа и соответственно установки определенного назначения.

В результате изучения раздела дисциплины студент должен:

знать физические принципы, лежащие в основе подготовки производства и изготовления приборов квантовой электроники.

уметь проектировать и готовить вакуумные системы для производства приборов квантовой электроники.

владеть метрологическими средствами для анализа приборов квантовой электроники.

2.3 Вопросы для самопроверки

1. Запишите уравнение для суммарного потока газов, которые необходимо учесть в расчете вакуумной системы.

2. Какие ориентировочно времена должны получиться при расчете средств откачки?

3. Какие приемы применяются для корректировки времени откачки?

4. Какие физические явления необходимо учитывать при корректировке откачных средств?

5. Как рассчитывается пропускная способность вакуумных коммуникаций.

6. Как проводится поверочный расчет вакуумной системы.

7. Понятие согласования откачных средств по итогам расчета.

8. Как построить распределение давления в вакуумной системе по итогам расчета.

9. Как приводится в соответствие расчетные производительности откачных средств с реально выпускаемым оборудованием?

10. Как проводится анализ возможных течей в вакуумных системах

Раздел 3. Подготовка изделий квантовой электроники к технологическим операциям

3.1 Содержание раздела

Электрофизические методы очистки. Ионное травление материалов

3.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении темы «Подготовка изделий квантовой электроники к технологическим операциям» полезно **Ошибка! Закладка не определена.** обратить внимание на электронно-ионные и плазменные технологии при обработке материалов для приборов квантовой электроники.

В результате изучения раздела дисциплины студент должен:

знать физические принципы, лежащие в основе подготовки материалов для изготовления приборов квантовой электроники.

уметь проводить технологическую подготовку для производства приборов квантовой электроники.

владеть метрологическими средствами для анализа и метрологического обеспечения производства приборов квантовой электроники.

3.3 Вопросы для самопроверки

1. Каковы источники загрязнений в процессе изготовления приборов квантовой электроники?
2. Как проводится очистка вакуумным, окислительным и восстановительным отжигом?
3. Как реализуется технология ионной очистки, ее достоинства, недостатки?
4. Как проводится плазмохимическая очистка материалов?
5. Каковы способы консервации очищенных изделий?
6. Как проводится контроль качества очистки?
7. Как проводится очистка воздуха?
8. Какие основные правила техники безопасности при очистке?
9. Какие особенности очистки в тлеющем разряде?
10. Как проводится очистка кристаллов в плазме разряда?

Раздел 4 Пленочная технология, эпитаксия

4.1 Содержание раздела

Процессы конденсации пленок при формировании приборов квантовой электроники. Технология получения высококачественных пленок. Электрофизические методы формирования пленок на вакуумных установках. Искусственная эпитаксия пленок для приборов квантовой электроники. Боковая эпитаксия. Альтернативные методы создания эпитаксиально подобных структур.

4.2 Методические указания по изучению раздела

В теме «Пленочная технология» важным является понимание того, из чего формируется пленка и как математически оценить ее толщину и другие параметры. Следует обратить внимание на условия, при которых происходит синтез пленки для приборов квантовой электроники.

В результате изучения раздела дисциплины студент должен:

знать физические принципы, лежащие в основе подготовки материалов для формирования пленок при изготовлении приборов квантовой электроники.

уметь проводить технологическую подготовку для производства приборов квантовой электроники.

владеть метрологическими средствами для анализа и метрологического обеспечения измерения параметров пленок для приборов квантовой электроники.

4.3 Вопросы для самопроверки

4.3.1 Пленочная технология

- 1 Укажите типы термоиспарителей и требования к ним
- 2 Каковы особенности безтигельного испарения пленок?
- 3 Как получить эпитаксиальные пленки равномерной толщины?
- 4 Опишите условия улучшения чистоты и стехиометрии пленок.
- 5 Опишите принципы работы аппаратуры для контроля скорости и толщины нанесения пленок.
- 6 Охарактеризуйте достоинства и недостатки ионного осаждения пленок.
- 7 Приведите схемы магнетронного и высокочастотного распыления.
- 8 Каковы приемы повышения адгезии пленок?

- 9 Как проводится оценка толщины пленок?
- 10 Для чего проводится напыление с подслоем?
- 11 Зачем необходимы отжиг и вжигание пленок?
- 12 Как измеряется поверхностное сопротивление пленок.
- 13 Каковы методы получения окисных пленок?
- 14 Как проводится окисление в тлеющем разряде.
- 15 Поясните методы измерения прозрачных окисных пленок.
- 16 Опишите возможные газо-фазные реакции при напылении пленок.

4.3.2 Эпитаксия

- 1 Опишите технологию традиционной эпитаксии и ее недостатки.
- 2 Охарактеризуйте общие условия искусственной эпитаксии .
- 3 Сравните методы ориентированной кристаллизации.
- 4 Объясните механизмы ориентации кристаллов при эпитаксии.
- 5 Разъясните условия проведения боковой эпитаксии.
- 6 Охарактеризуйте методы альтернативные эпитаксии.
- 7 Поясните особенности использования ЭВМ для эпитаксии.
- 8 Охарактеризуйте процесс легирования эпитаксиальных слоев.
- 9 Как проводится подготовка поверхности под эпитаксию?
- 10 Опишите технологический цикл проведения эпитаксии.
- 11 Контроль параметров и дефектов эпитаксиальных слоев?
- 12 Каковы методы получения молекулярных пучков для эпитаксии.
- 13 Молекулярно-лучевая эпитаксия
- 14 МОС-гидридная эпитаксия

Раздел 5 Сорбционные процессы на поверхности приборов квантовой электроники

5.1 Содержание раздела

Адсорбция. Десорбционные процессы. Хемосорбция. Абсорбция. Диффузионное газовыделение.

5.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении темы «Сорбционные процессы на поверхности приборов квантовой электроники» обращается внимание на изменение потоков выделения газа из материала при температурном или плазменном воздействии.

В результате изучения раздела дисциплины студент должен:
знать физические принципы, лежащие в основе технологической подготовки производства приборов квантовой электроники.

уметь определять оптимальные режимы технологической подготовки материалов для приборов квантовой электроники.

владеть метрологическими средствами для измерения параметров десорбционных процессов из материалов для приборов квантовой электроники.

5.3 Вопросы для самопроверки

1. Причины выделения газа из материала
2. Понятие адсорбции и абсорбции
3. Понятие хемосорбции
4. Как определить механизм выделения газа из материала
5. Понятие диффузии
6. Редиффузия в условиях облучения
7. Поток проницаемости через материал
8. Сравните потоки десорбции в зависимости от глубины залегания газа в материале
9. Какие материалы обладают минимальным газовыделением при нагреве
10. Как готовят материалы для вакуумных камер

Тема 6 Сертификация технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов квантовой электроники

6.1 Содержание раздела

Общие понятия. Цели и принципы сертификации. Структура. Системы сертификации. ГОСТ Р. Стандартизация как нормативно-методическая база сертификации и товарной экспертизы.

6.2 Методические указания по изучению раздела

При освоении темы «Сертификация технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов квантовой электроники» следует обратить внимание на сертификацию и стандартизацию как баланс качества и возможностей В результате изучения раздела дисциплины студент должен:

знать физические принципы, лежащие в основе баланса требований качества и возможностей производства приборов квантовой электроники, а также процедуру сертификации.

уметь: формировать документацию для сертификации приборов квантовой электроники.

владеть метрологическими средствами для измерения параметров сертифицируемого оборудования и приборов квантовой электроники производства.

6.3 Вопросы для самопроверки

1. Что такое сертификация?
2. Проведите сертификацию материалов, необходимых для формирования алюминиевого контакта на кристалл ниобата лития
3. Понятие «Сертификат соответствия»
4. Что такое «Декларация о соответствии»
5. Понятие «Знак соответствия»
6. Какова главная функция центрального органа системы сертификации
7. Понятие «Аккредитация»
8. Что такое «Сертификат качества»
9. Функции Госстандарта в сертификации
10. Добровольная и обязательная сертификация

Тема 7 Разработка документации по методам эксплуатации технического оборудования и программного обеспечения для обслуживающего персонала

7.1 Содержание раздела

Типы документации. Виды инструкций. Правила устройства электроустановок.

7.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении темы «Разработка документации по методикам эксплуатации технического оборудования и программного обеспечения для обслуживающего персонала» обращается внимание на правила устройства электроустановок и инструкции по техническому и аварийному обслуживанию.

В результате изучения раздела дисциплины студент должен:
знать перечень опасных факторов на производстве и оформлять инструкции по безопасному ведению работ.

уметь формировать документацию для соблюдения правил техники безопасности при производстве приборов квантовой электроники.

владеть метрологическими средствами для измерения параметров опасных факторов на оборудовании и приборах квантовой электроники

7.3 Вопросы для самопроверки

1. Разработайте схему изготовления запасной детали (штуцера) для ремонта электрофизической установки
2. Составьте инструкцию на последовательность операций по очистке стеклянной подложки перед напылением пленки алюминия
3. Разработайте инструкцию по выключению установки, работающей на форвакууме
4. Разработайте инструкцию по выключению установки, работающей на высоком вакууме
5. Составьте инструкцию по безопасным приемам работы на компьютере
6. Составьте схему размещения двух вакуумных постов в помещении
7. Составьте перечень опасных факторов при работе на электрофизической установке.
8. Составьте инструкцию по безопасным методам метрологии температуры нагревателя диффузионного насоса.
9. Составьте инструкцию по аварийному отключению вакуумной установки
10. Из каких частей должна состоять любая инструкция?
11. В каких условиях нельзя использовать ЭВМ?
12. Составьте инструкцию по текущему сервисному обслуживанию форвакуумного насоса.
13. Составьте инструкцию по сервисному обслуживанию вакуумных камер.
14. Составьте инструкцию по электробезопасности при работе на установках до 1000 В.
15. Что такое «инструкция на рабочем месте».

Тема 8 Компьютеризация технологических процессов

8.1 Содержание раздела

Процесс ввода технологической информации в ЭВМ. Система «КАМАК». Автоматизированные рабочие места (АРМ). Системы автоматического управления и регулирования технологическими процессами.

8.2 Методические указания по изучению раздела

В теме «Компьютеризация технологических процессов» важным является понимание функционирования систем автоматического управления и регулирования технологическими процессами.

В результате изучения раздела дисциплины студент должен:

знать научно обоснованные критерии и аргументы при выборе типа управляющих систем для решения конкретных профессиональных задач

уметь моделировать технологические режимы на ЭВМ и определять экспериментальным или расчетным путем оптимальные режимы проведения технологических операций

владеть программными продуктами для обработки метрологических данных при анализе технологических процессов;

8.3 Вопросы для самопроверки

1. В каких производственных условиях нельзя использовать ЭВМ? Сколько законов регулирования применяется в системах управления параметрами технологических процессов?
2. Понятие «Автоматизированное рабочее место».
3. Сколько способов соединения приборов с ЭВМ Вы знаете?
4. Понятие «Нормализация данных»
5. Система «КАМАК»
6. Отличие управления и технического регулирования технологического процесса
7. Приведите общую схему регулирования технологического процесса. Уравнение ПИД – регулятора.
8. Какой уровень обеспечивает защиту персонала и оборудования от аварийных режимов.

9 Подготовка к контрольной работе

Студенты выполняют две контрольные работы. Контрольные работы проводятся по следующим темам:

- 1 Пленочная технология, эпитаксия
- 2 Расчет вакуумных систем

При выполнении контрольной работы каждому студенту выдается индивидуальное задание, включающее в себя теоретическую часть (тестовый опрос) и три задачи, выбранные из предложенных задач для самостоятельного решения (задачи представлены в методическом указании к практическим занятиям по дисциплине «Специальные вопросы технологии приборов квантовой электроники»).

10 Темы для самостоятельного изучения

Темы для самостоятельной проработки обобщают приобретенные знания и позволяют студенту самостоятельно решать задачи, возникающие при проектировании и автоматизации технологических процессов. Отдельные фрагменты тем могут составлять предмет научных исследований.

1. Моделирование типовых технологических процессов производства приборов квантовой электроники.
2. Анализ аппаратурного обеспечения технологических процессов средствами автоматизации.
3. Моделирование и математический анализ инновационного проекта.
4. Моделирование работы электрофизических установок.
5. Моделирование работы ионно-электронных источников.
6. Составление матриц последовательности технологических операций.
7. Моделирование режимов технологического процесса.
8. Составление программ управления технологическим процессом.
9. Составление обзора литературы по новейшим достижениям в области квантовой электроники.
10. Построение технологической маршрутной карты изготовления прибора квантовой электроники.
11. Составление инструментальных каталогов на инструменты, материалы, кадры.
12. Составление подсистем математических формул процесса.
13. Построение общей схемы регулирования одного или нескольких параметров. Устройства связи с объектом.

14. Построение схемы прохождения управляющих сигналов от объекта к исполнительному механизму.

15. Оптимизация проведения технологических операций.

11 Темы индивидуальных заданий

1. Патентный поиск по теме. Описание преимуществ выбранного метода решения проблемы перед другими для индивидуального задания. Обоснование типа электронно-ионных источников для самостоятельного задания. Параметры технологичности, допуски и посадки в конструкторской части индивидуального задания.

2. Математическое моделирование процесса в индивидуальном задании. Уточненный расчет вакуумной системы для индивидуального задания. Расчеты электрофизических параметров оборудования. Составление технологической карты процесса.

3. Маркетинговые исследования. Обосновать рынки сбыта изделий. Описать сертифицированные и не сертифицированные узлы в оборудовании, предлагаемом в индивидуальном задании.

4. Разработка инструкций по безопасному ведению работ применительно к индивидуальному заданию.

Заключение

1. В итоге изучения тем студент должен твердо, как минимум знать следующие вопросы.

1 Диффузионные и бустерные насосы. Откачные средства специального назначения

2 Средства измерения давлений Погрешности при измерении давлений.

3 Электрофизические методы очистки. Ионное травление материалов

4 Процессы термического испарения материалов. Электронно-лучевое испарение сплавов. Процессы конденсации пленок.

5 Хемосорбция. Абсорбция. Константы равновесия. Энергия активации процесса

6 Обозначение типов электрофизических установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

7 Правила устройства электроустановок. Профилактика новых форвакуумных насосов, механических вакуумных насосов, диффузионных вакуумных насосов. Инструкции по сервисному обслуживанию различных типов вакуумных установок. Сервисное обслуживание вакуумных камер.

Рекомендуемая литература

1. Вакуумные и специальные вопросы технологии приборов квантовой и оптической электроники: Учебное пособие для студентов направления «210100.62 – Электроника и нанoeлектроника» / Орликов Л. Н. - 2013. 103 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3436> (дата обращения: 05.07.2018).

2. Специальные вопросы технологии: учебное пособие / Л. Н. Орликов; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2007. - 229 с

3. Молекулярно-лучевая эпитаксия : учебное пособие /Л. Н. Орликов; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2007. - 107 с

4. Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов / Т. И. Данилина [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2005. - 316 с ISBN 5-86889-244-5

5. Электроника : Учебное пособие для вузов / А. А. Шука ; ред. : А. С. Сигов. - СПб. : БХВ-Петербург, 2006. - 799[1] с

Учебное пособие

Орликов Л.Н.

Основы вакуумных технологий

Методические указания по самостоятельной работе

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