

УТВЕЖДАЮ
Первый проректор –
проректор по учебной работе
МГТУ им. Н.Э. Баумана



Б.В. Падалкин

» _____ 2015 г.

ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ
по направлению подготовки

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

код и наименование направления подготовки

Факультет

Машиностроительные технологии (МТ)

Полное наименование факультета (сокращенное наименование)

Кафедра(ы)

Электронные технологии в машиностроении (МТ11)

Полное наименование кафедры (сокращенное наименование)

Москва, 2015 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К вступительным испытаниям в магистратуру допускаются лица, имеющие документ государственного образца о высшем образовании любого уровня (диплом бакалавра или специалиста).

Лица, предъявившие диплом магистра, могут быть зачислены только на договорной основе.

Прием осуществляется на конкурсной основе по результатам вступительных испытаний.

Программа вступительных испытаний в магистратуру по направлению подготовки:

11.04.04 Электроника и наноэлектроника

код и наименование направления подготовки

составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования подготовки бакалавра по направлению:

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

код и наименование направления подготовки

и охватывает базовые дисциплины подготовки бакалавров по названному направлению.

Программа содержит описание формы вступительных испытаний, перечень вопросов для вступительных испытаний и список литературы рекомендуемой для подготовки.

2. ЦЕЛЬ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вступительные испытания призваны определить степень готовности поступающего к освоению основной образовательной программы магистратуры по направлению:

11.04.04 Электроника и наноэлектроника

код и наименование направления подготовки

3. ФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вступительные испытания проводятся в письменной форме в соответствии с установленным приемной комиссией МГТУ расписанием.

Поступающему предлагается ответить письменно на 10 вопросов и задач билета, расположенных в порядке возрастания трудности и охватывающих содержание разделов и тем программы соответствующих вступительных испытаний.

На ответы по вопросам и задачам билета отводится **210 минут**.

Результаты испытаний оцениваются по **стобалльной** шкале.

Результаты испытаний оглашаются не позднее чем через три рабочих дня.

4. ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Письменное испытание проводится по программе, базирующейся на основной образовательной программе бакалавриата по направлению

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

код и наименование направления подготовки

ДИСЦИПЛИНА 1. Физические основы электронных приборов

Функции вакуума в электровакуумных приборах (ЭВП). Сорбционные процессы. Растворимость газов в твердом теле, стационарная и нестационарная диффузия газов. Законы Фика. Распределение концентрации растворенного газа в твердом теле. Газопроницаемость. Распыляемые и нераспыляемые геттеры в ЭВП.

Формирование и управление потоками заряженных частиц. Электронная эмиссия, работа выхода. Электровакуумные системы с неоднородным объемным зарядом. Закон «степени $3/2$ ». Первенец электронного пучка. Модуляция и фокусировка электронных пучков. Движение электронов в электрических полях. Электростатические электронные линзы. Закон Лагранжа-Гельмгольца для электронной линзы. Магнитные электронные линзы. Электростатические и магнитные отклоняющие системы. Взаимодействие потоков частиц с поверхностью в ЭВП. Экраны в электронных приборах. Закон Ленарда.

Газовый разряд в вакууме. Виды электронных приборов на основе газового разряда. Использование газоразрядной плазмы для формирования ионных потоков. Виды газоразрядных приборов. Газоразрядные экраны (плазменные панели).

Электронно-лучевые трубки (ЭЛТ) различного назначения. Рентгеновские трубки. Электронно-оптические преобразователи (ЭОП). Электронные пушки и формирование электронных пучков ЭВП. Конфигурации электронных пучков. Вакуумные сверхвысокочастотные (СВЧ) приборы. Лампы бегущей волны. Лампы обратной волны. Магнетроны. Клистроны. Гиротроны.

Полупроводниковые материалы. Зонная теория твердого тела. Формирование носителей заряда в полупроводниках. Зонные диаграммы полупроводников. Собственные и примесные полупроводники. Статистика подвижных носителей заряда. Функции распределения Ферми-Дирака и Максвелла-Больцмана. Концентрация подвижных носителей заряда в собственных и примесных полупроводниках.

Управление проводимостью полупроводниковых структур. Зонные диаграммы p-n-перехода, прямое и обратное включение p-n-перехода. Полупроводниковый диод и его ВАХ.

Биполярный транзистор. Уравнение Кирхгофа для биполярного транзистора. Работа биполярного транзистора в режиме усиления по току. Полевые транзисторы. МОП - транзистор с индуцированным каналом. МДП - транзистор со встроенным каналом. Полевой транзистор с управляющим p-n-переходом. ВАХ полевых транзисторов.

Перечень вопросов

1. Взаимосвязь параметров вакуумной системы: быстрота откачки вакуумного объема, быстрота действия насоса и проводимость вакуумного трубопровода.
2. Зависимость объемной концентрации газа в твердом теле от температуры и давления.
3. Зависимость удельного потока газопроницаемости через тонкую стенку от температуры и давления газа.
4. Эмиссия электронов. Энергетический барьер для электронов на границе «металл – вакуум» с учетом сил двойного электрического слоя и заряда электрического зеркального изображения.
5. Термоэлектронная эмиссия. Зависимость плотности тока от температуры и работы выхода, закон Ричардсона-Дэшмана.
6. Автоэлектронная эмиссия.

7. Распределение потенциала между электродами в вакуумном диоде. Зависимость анодного тока от анодного напряжения (Закон «степени $3/2$ »).
8. Фокусирующие системы электровакуумных приборов. Электростатические линзы.
9. Фокусирующие системы электровакуумных приборов. Магнитные линзы.
10. Формирование электронных пучков. Ленточная конфигурация электронного пучка.
11. Формирование электронных пучков. Цилиндрические электронные пучки.
12. Формирование электронных пучков. Конические электронные пучки.
13. Электростатические отклоняющие системы.
14. Магнитные отклоняющие системы.
15. Электронно-лучевая трубка. Формирование изображения.
16. Виды газового разряда в вакууме. Вольт-амперная характеристика и характерные области разрядов.
17. Распределение потенциала между катодом и анодом в тлеющем разряде.
18. Использование газового разряда в процессах обработки поверхности и нанесения тонких пленок.
19. Использование газового разряда для формирования ионных пучков. Ионные источники.
20. Длина свободного пробега электрона в плазме. Кривые Пашена.
21. Формирование высокочастотной плазмы, особенности ее использования.
22. Механизмы электрической проводимости материалов электронной техники. Зонная теория твердого тела. Зонные диаграммы
23. Зонные диаграммы полупроводников. Собственные, примесные полупроводники. Проводимость n -типа, p -типа.
24. Концентрация подвижных носителей заряда. Функции распределения Ферми-Дирака и Максвелла-Больцмана.
25. Определение концентрации подвижных носителей заряда в собственных полупроводниках.
26. Определение концентрации подвижных носителей заряда в примесных полупроводниках.
27. Влияние температуры на концентрацию носителей заряда в собственных и примесных полупроводниках.
28. Зонная диаграмма идеального симметричного $p-n$ – перехода. Прямое и обратное включение $p-n$ – перехода.
29. Вольтамперная характеристика идеального $p-n$ – перехода, ток обратного насыщения. Полупроводниковый диод.
30. Биполярный транзистор. Усиление тока. Схема транзистора на основе планарной реализации.
31. Полевой МОП-транзистор с индуцированным каналом. Схема транзистора.
32. Полевой МДП-транзистор со встроенным каналом. Схема транзистора.
33. Полевой транзистор с управляющим $p-n$ – переходом. Схема транзистора.

Основная учебная литература

1. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учеб. пособие / В.И. Старосельский – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 463 с.
2. Физические основы твердотельной электроники : учеб. пособие дл вузов / Спиридонов О. П. - М. : Высш. шк., 2008. - 190 с.

3. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы : учеб. пособие для вузов / Барыбин А. А. - М. : Физматлит, 2008. - 423 с.
4. Пихтия А.Н. Оптическая и квантовая электроника. М. Высш. шк., 2001.
5. Физика газового разряда. Ю.П. Райзер. – М.: Интеллект, 2009. – 734 с.

Дополнительная учебная литература

6. Афанасьев В.П., Ганенков Н.А., Пшелко Н.С. Материалы и компоненты функциональной электроники, СПб.: СПбГЭТУ (ЛЭТИ), 1999.
7. Вакуумная техника: справочник / под общ. ред. К.Е. Демикова, Ю.В. Панфилова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2009, 590 с. ил.4.
8. Твердотельная электроника : учеб. пособие для вузов / Гуртов В. А. - 3-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2008. - 510 с.
9. Фотоэлектроника / Астапенко В. А., Мовнин С. М., Протасов Ю. Ю. - М. : Изд-во "Янус-К", 2010. - (Электроника. Прикладная электроника). Ч. 1. - 2010. - 653 с.
10. Фотоэлектроника / Астапенко В. А., Мовнин С. М., Протасов Ю. Ю. - М. : Изд-во "Янус-К", 2010. - (Электроника. Прикладная электроника). Ч. 2. - 2011. - 663 с.

ДИСЦИПЛИНА 2. Проектирование оборудования электронной техники

Методы проектирования технологического оборудования для получения субмикронных и наноразмерных структур. Системный подход к выбору оптимальных технических решений. Особенности проектирования многомодульного (кластерного) оборудования. Системы контроля и управления процессами обработки в технологическом оборудовании нанесения и травления материалов.

Проектирование транспортного и манипуляционного оборудования по критериям минимальной привносимой дефектности. Микромеханика и мехатроника в составе прецизионного оборудования электронной техники. Методы проектирования высоконадежного оборудования на основе использования устройств перемещения, не содержащих пар трения: электрических, магнитных, с упругими силами и др.

Проблемы комплексной автоматизации производства на современном уровне. Общие принципы автоматизации оборудования. Автоматические линии в производстве изделий электронной техники. Обеспечение и поддержание в чистых помещениях среды с заданными параметрами. Проблема привносимой дефектности при производстве СБИС. Экологические аспекты субмикронной и нанотехнологии. Принципы организации чистых производственных помещений.

Технология и оборудование для получения тонких пленок в вакууме: термическое испарение, электронно-лучевое испарения, высокочастотное распыление диэлектриков, магнетронное распыление, реактивное ионное распыление. Особенности проектирования, расчета и моделирования узлов и систем технологического оборудования нанесения пленок. Методы и оборудование осаждения пленок сложного состава, реактивное распыление материалов.

Оборудование для получения эпитаксиальных слоев. Принципиальные схемы проведения эпитаксиальных процессов. Промышленные методы эпитаксиального наращивания и виды применяемого оборудования. Эпитаксия при пониженных давлениях, молекулярно – лучевая эпитаксия. Оборудование для создания р-п переходов. Методы получения р-п переходов, гетеропереходов и переходов металл—полупроводник. Диффузионные методы легирования. Ионное легирование (имплантация). Оборудование для процессов ионной имплантации.

Оборудование травления микроструктур: ионное, реактивное ионное и плазмохимическое с использованием постоянного тока, ВЧ и СВЧ разрядов. Особенности проектирования и моделирования процессов, узлов и систем оборудования. Методы

анизотропного травления полупроводников.

Современное аналитическое вакуумное оборудование. Вторично-ионные масс-спектрометры, Оже-спектрометры, оборудование, использующее рентгеновское и лазерное излучение.

Литографическое оборудование в производстве полупроводниковых приборов. Сопоставительный анализ предельных возможностей процессов литографии, основанных на применении ультрафиолетового, лазерного и рентгеновского излучений, электронных и ионных пучков. Электронная литография. Классификация и принципиальные схемы электронно-лучевых и проекционных установок электронной литографии. Современные проблемы и тенденции развития электронной литографии. Основные проблемы создания и внедрения рентгеновского литографического оборудования. Состав рентгенолитографической установки. Источники рентгеновского излучения, шаблоны для рентгенолитографии.

Ионно-лучевая литография (ИЛЛ). Направления развития оборудования ИЛЛ и особенности создания систем экспонирования коллимированным ионным пучком (ИП), острое/фокусированным ИП и систем модульной ионной проекции изображения. Конструкции и сравнительные характеристики ионных источников, отклоняющих и сканирующих систем, систем ускорения и фокусировки.

Перечень вопросов

1. Этапы разработки технологического оборудования, работы поискового, теоретического и экспериментального характера;
2. Модульная система построения технологического оборудования для производства изделий микро и нанoeлектроники. Структура технологических модулей (кластеров), переходных модулей или шлюзов. Кластерная платформа НАНОФАБ 100: базовый состав;
3. Исходные положения теории производительности машин, примеры практической реализации теории, показатели производительности технологических машин: фактическая, цикловая и технологическая производительность, рабочие и холостые ходы (операции): совмещённые и не совмещённые;
4. Показатели надёжности машин: безотказность, ремонтпригодность, долговечность, сохраняемость, методы расчёта показателей надёжности (ГОСТ 27.301-95) или её комплексных показателей;
5. Особенности построения кинематических цепей, передаточное отношение, уравнения баланса, звенья настройки регулируемого привода, бесступенчатая настройка: двигатели, вариаторы;
6. Механизмы поворота и фиксации карусельных машин, кулачково-роликовый механизм, мальтийский механизм, взаимосвязь геометрии механизма и параметров движения установки;
7. Мехатронный электромеханический привод, структура мехатронного модуля, типовые схемы;
8. Погрешности кинематических цепей, приводы точных перемещений: классификация, сравнительные характеристики. Прямая и обратная задачи при оценке погрешностей кинематических цепей;
9. Роль систем микро- и наноперемещений в области нанотехнологий и их место в современной науке и технике;
10. Основные требования, предъявляемые к приводу точного позиционирования для прецизионного исследовательского и технологического оборудования;
11. Физические принципы работы основных типов приводов точного позиционирования;

12. Критерии проектирования приводов: погрешность позиционирования, долговечность, прочность и кинематическая точность;
13. Классификация систем виброизоляции оборудования и существующие способы защиты от вибрации;
14. Основные типы датчиков для измерения положения, ускорения и скорости объекта позиционирования прецизионных механизмов, а также методы обработки сигналов с датчиков;
15. Схемы построения приводов, многокоординатные механизмы последовательной и параллельной кинематики, манипуляторы;
16. Основы теории автоматического регулирования и управления, принципы построения систем управления прецизионным приводом;
17. Динамика привода, вынужденные колебания: параметрические и автоколебания, собственная частота вращающегося вала, расчёт по методу Рэлея, критическая частота вращения вала;
18. Сравнительные характеристики гидропривода и пневмопривода: развиваемые усилия, скорость перемещения исполнительного устройства, время срабатывания привода. Области применения приводов;
19. Устройства вибрационного транспортирования, кассетирования и загрузки микрокомпонентов электронных приборов на позиции сборочных автоматов;
20. Планетарные и поворотные механизмы для внутрикамерных перемещений в вакуумных напылительных установках. Типовые конструкции приводов и вакуумных вводов движения в вакуум.

Основная учебная литература

1. Машиностроение. Энциклопедия. Раздел III, том III-8. Технология оборудования и системы управления в электронном машиностроении. – М.: Машиностроение, 2000. – 744 с.
2. Методы литографии в наноинженерии: учеб. пособие / В.В. Макаrchух, И.А. Родионов, Ю.Б. Цветков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 176 с.
3. Высоковакуумные технологические процессы в наноинженерии: учеб. пособие / Ю.В. Панфилов, К.М. Моисеев, В.П. Михайлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.
4. Вакуумная техника: справочник / под общ. ред. К.Е. Демикова, Ю.В. Панфилова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2009, 590 с. ил. 4.
5. Волчкевич Л.И. Автоматизация производственных процессов: Учеб. пособие. М.: Машиностроение, 2005. 380 с.

Дополнительная учебная литература

2. Manufacturing Technologies for Machines of the Future.- Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2003, 820 p. // Chapter 14. Electronic Vacuum Technologies / L.I.Volchkevich, Y.V.Panfilov.- P.413-448
3. Панфилов Ю.В., Рябов В.Т., Цветков Ю.Б. Оборудование для производства микросхем и промышленные роботы. М.: Радио и связь, 1988. -
4. Волчкевич Л.И., Панфилов Ю.В., Цветков Ю.Б. и др. Электронное машиностроение: Учебное пособие. Под ред. Волчкевича Л.И. –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1989. – 128 с.

5. Волчкевич Л.И., Панфилов Ю.В., Цветков Ю.Б. и др. Электронное машиностроение: Учебное пособие. Часть 2.–М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1991. – 132 с., ил.

ПРИМЕР билета письменных вступительных испытаний

**БИЛЕТ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ ПО НАПРАВЛЕНИЮ
11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**

Вопрос №1. Зависимость удельного потока газопроницаемости через тонкую стенку от температуры и давления газа..... (9 баллов).

Вопрос №2. Автоэлектронная эмиссия..... (9 баллов).

Вопрос №3. Формирование электронных пучков. Ленточная конфигурация электронного пучка (9 баллов).

Вопрос №4. Магнитные отклоняющие системы..... (9 баллов).

Вопрос №5. Зонные диаграммы полупроводников. Собственные, примесные полупроводники. Проводимость n-типа, p-типа.....(9 баллов).

Вопрос №6. Полевой МОП-транзистор с индуцированным каналом. Схема транзистора.(9 баллов).

Вопрос №7. Исходные положения теории производительности машин, примеры практической реализации теории, показатели производительности технологических машин: фактическая, цикловая и технологическая производительность, рабочие и холостые ходы (операции): совмещённые и не совмещённые(11 баллов).

Вопрос №8. Механизмы поворота и фиксации карусельных машин, кулачково-роликовый механизм, мальтийский механизм, взаимосвязь геометрии механизма и параметров движения установки.....(11 баллов).

Вопрос №9. Основные типы датчиков для измерения положения, ускорения и скорости объекта позиционирования прецизионных механизмов, а также методы обработки сигналов с датчиков(12 баллов).

Вопрос №10. Динамика привода, вынужденные колебания: параметрические и автоколебания, собственная частота вращающегося вала, расчёт по методу Рэлея, критическая частота вращения вала.....(12 баллов).

Билет утвержден на заседании кафедры МТ-11 _____ 2015 г.

Заведующий кафедрой МТ-11  /Панфилов Ю.В./

Автор(ы) программы:

Панфилов Ю.В.,
Беликов А.И.,

д.т.н., профессор
к.т.н., доцент

Декан факультета

Заведующий кафедрой

Начальник отдела магистратуры



И.Л. Волчкевич

Ю.В. Панфилов

Б.П. Назаренко

ЯГубов.РФ