

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

_____ Б.В. Падалкин
«_____» _____ 2015 г.



**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ**
по направлению подготовки

28.04.02 Нанотехнологии

код и наименование направления подготовки

Факультет

**Машиностроительные технологии (МТ)
Радиотехника и лазерная техника (РЛ)**

_____ Полное наименование факультета (сокращенное наименование)

Кафедра(ы)

**Электронные технологии в машиностроении (МТ11)
Технологии приборостроения (РЛ6)**

_____ 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:

28.04.02 Нанонинженерия

код и наименование направления подготовки

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

28.03.02 Нанонинженерия

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:

28.04.02 Нанонинженерия

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 **стобальной** 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

28.03.02 Нанонинженерия

код и наименование направления подготовки

ДИСЦИПЛИНА 1. Квантовая механика

Основные постулаты квантовой механики. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Волновые свойства частиц. Гипотеза де Бройля. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции. Поток вероятности и уравнение непрерывности. Вектор плотности потока вероятности. Представление физических величин операторами. Собственные функции и собственные значения операторов. Временное и стационарное уравнения Шредингера. Стационарные задачи квантовой механики. Частица в потенциальной яме с непроницаемыми стенками. Стационарные задачи квантовой механики. Движение частицы в областях потенциального порога. Стационарные задачи квантовой механики. Движение частицы в областях потенциального барьера. Стационарные задачи квантовой механики. Метод матриц переноса.

Стационарные задачи квантовой механики. Потенциальная яма конечной глубины. Стационарные задачи квантовой механики. Квантовый гармонический осциллятор. Квантовая теория атома. Квантово-механическое описание водородоподобных атомов. Квантовые статистические распределения. Плотность квантовых состояний. Распределение Ферми-Дирака. Квантовые статистические распределения. Плотность квантовых состояний. Распределение Бозе-Эйнштейна. Электронные состояния в твердых телах. Периодический потенциал. Электроны в периодическом потенциале. Решение уравнения Шредингера Теорема Блоха. Модель Кронига-Пенни.

Движение частицы в периодическом потенциале. Приближение свободных и почти свободных электронов. Движение частицы в периодическом потенциале. Приближение сильной связи. Зонная структура энергетического спектра кристалла. Дисперсионные кривые: расширенная, приведенная и периодическая.

Перечень вопросов

1. Волновая функция. Уравнение Шредингера.
2. Волновые свойства частиц. Гипотеза де Бройля. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции.
3. Поток вероятности и уравнение непрерывности. Вектор плотности потока вероятности.
4. Представление физических величин операторами. Собственные функции и собственные значения операторов.
5. Стационарные задачи квантовой механики. Частица в потенциальной яме с непроницаемыми стенками.
6. Стационарные задачи квантовой механики. Движение частицы в областях потенциального порога.
7. Стационарные задачи квантовой механики. Движение частицы в областях потенциального барьера.
8. Стационарные задачи квантовой механики. Метод матриц переноса.
9. Стационарные задачи квантовой механики. Потенциальная яма конечной глубины.
10. Стационарные задачи квантовой механики. Квантовый гармонический осциллятор.
11. Квантовая теория атома. Квантово-механическое описание водородоподобных атомов.

12. Квантовые статистические распределения. Плотность квантовых состояний. Распределение Ферми-Дирака.
13. Квантовые статистические распределения. Плотность квантовых состояний. Распределение Бозе-Эйнштейна.
14. Электронные состояния в твердых телах. Периодический потенциал.
15. Электроны в периодическом потенциале. Решение уравнения Шредингера Теорема Блоха.
16. Движение частицы в периодическом потенциале. Приближение свободных и почти свободных электронов.
17. Движение частицы в периодическом потенциале. Приближение сильной связи.
18. Зонная структура энергетического спектра кристалла. Дисперсионные кривые: расширенная, приведенная и периодическая.
19. Симметрия кристаллов и анизотропия их свойств. Химическая связь. Структура кристаллов. Типы структур кристаллов.
20. Диэлектрические и магнитные свойства твердых тел, ферромагнетизм, сегнетоэлектричество, сверхпроводимость.
21. Зонная модель твердых тел. Зонные диаграммы металлов, диэлектриков и полупроводников. Проводимость материалов с точки зрения зонных моделей.
22. Собственные и примесные полупроводники, зонные диаграммы.
23. Концентрация подвижных носителей заряда, общая формула. Функции распределения Ферми-Дирака и Максвелла-Больцмана.

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 для вузов / Спиридонов О. П. - М. : Высш. шк., 2008. - 190 с.
3. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники : учеб. пособие для вузов / Барыбин А. А., Томилин В. И., Шаповалов В. И. ; общ. ред. Барыбин А. А. - М. : Физматлит, 2011. - 782 с.
4. Квантовая и оптическая электроника : учеб. пособие / Киселев Г. Л. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2011. - 313 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 306.
5. Шука А.А. Наноэлектроника: учеб. пособие для вузов - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 342 с.

Дополнительная учебная литература

6. Твердотельная электроника : учеб. пособие для вузов / Гуртов В. А. - 3-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2008. - 510 с.
7. Фотоэлектроника / Астапенко В. А., Мовнин С. М., Протасов Ю. Ю. - М. : Изд-во "Янус-К", 2010. - (Электроника. Прикладная электроника). Ч. 1. - 2010. - 653 с.
8. 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 4. *Проектирование и эксплуатация нанотехнологического оборудования*

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 наноэлектроники. 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 нанотехнологиях: учеб. пособие / В.В. Макаручук, И.А. Родионов, Ю.Б. Цветков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 176 с.
3. Высоковакуумные технологические процессы в нанотехнологиях: 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. Демихова, Ю.В. Панфилова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2009, 590 с. ил. 4.
5. Волчков 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. Волчков Л.И., Панфилов Ю.В., Цветков Ю.Б. и др. Электронное машиностроение: Учебное пособие. Под ред. Волчкова Л.И. –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1989. – 128 с.
5. Волчков 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 28.04.02 Нанотехнология

- Вопрос №1. Волновые свойства частиц. Гипотеза де Бройля. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции..... (10 баллов).
- Вопрос №2. Стационарные задачи квантовой механики. Частица в потенциальной яме с непроницаемыми стенками..... (10 баллов).
- Вопрос №3. Квантовая теория атома. Квантово-механическое описание водородоподобных атомов (10 баллов).
- Вопрос №4. Электронные состояния в твердых телах. Периодический потенциал. (10 баллов).
- Вопрос №5. Собственные и примесные полупроводники, зонные диаграммы.(10 баллов).

Вопрос №5. Собственные и примесные полупроводники, зонные диаграммы.(10 баллов).

Вопрос №6. Этапы разработки технологического оборудования, работы поискового, теоретического и экспериментального характера.(10 баллов).

Вопрос №7. Показатели надёжности машин: безотказность, ремонтпригодность, долговечность, сохраняемость, методы расчёта показателей надёжности (ГОСТ 27.301-95) или её комплексных показателей(10 баллов).

Вопрос №8. Мехатронный электромеханический привод, структура мехатронного модуля, типовые схемы.....(10 баллов).

Вопрос №9. Динамика привода, вынужденные колебания: параметрические и автоколебания, собственная частота вращающегося вала, расчёт по методу Рэлея, критическая частота вращения вала(10 баллов).

Вопрос №10. Планетарные и поворотные механизмы для внутрикамерных перемещений в вакуумных напылительных установках. Типовые конструкции приводов и вакуумных вводов движения в вакуум(10 баллов).

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

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

Автор(ы) программы:

Панфилов Ю.В.,	д.т.н., профессор
Шашурин В.Д.,	д.т.н., профессор
Беликов А.И.,	к.т.н., доцент

Декан факультета

Заведующий кафедрой МТ-11

Заведующий кафедрой РЛ-6

Начальник отдела магистратуры



И.Л. Волчкевич

Ю.В. Панфилов

В.Д. Шашурин

Б.П. Назаренко