

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ЭКЗАМЕНА В
МАГИСТРАТУРУ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ
11.04.03 КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ
ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

1. Цели и задачи вступительных испытаний

Вступительные испытания предназначены для оценки теоретической и практической подготовленности бакалавра и проводятся с целью определения соответствия знаний, умений и навыков студентов требованиям обучения в магистратуре по направлению подготовки 11.04.03 - «Конструирование и технология электронных средств».

2. Содержание вступительных испытаний

Вступительные испытания в магистратуру по направлению 11.04.03 – «Конструирование и технология электронных средств» проводятся с оценкой уровня знаний в виде письменного экзамена с учетом профиля и уровня полученного образования и подготовленности к научно-исследовательской работе.

Отдельно принимаются во внимание:

- Наличие диплома с отличием.
- Наличие стажа работы по профилю направления.
- Благодарственные грамоты и сертификаты.
- Наличие рекомендации ГАК на поступление в магистратуру.
- Опыт участия в научно-исследовательских работах.
- Наличие публикаций и выступлений на конференциях.
- Участие в конкурсах и грантах.

3. Оценка уровня знаний.

Оценка уровня знаний проводится в виде письменного вступительного экзамена.

В основу программы вступительного экзамена положены квалификационные требования в области основ конструирования и технологии электронных средств, предъявляемые к бакалаврам направления 11.03.03 – «Конструирование и технология электронных средств», которые включают в себя знания следующих разделов дисциплин:

Математический и естественнонаучный цикл

Информатика

- понятие информации; общая характеристика процессов сбора, передачи, обработки и накопления информации;
- технические и программные средства реализации информационных процессов;

- модели решения функциональных и вычислительных задач; алгоритмизация и программирование; языки программирования высокого уровня;
- базы данных; программное обеспечение и технология программирования; локальные и глобальные сети ЭВМ; основы защиты информации и сведений; компьютерный практикум.

Физико-химические основы нанотехнологии и технологии электронных средств

- понятие об электронных средствах; интегральные схемы, их классификация; закон Мура; физические и физико-химические ограничения процесса микроминиатюризации, радиус экранирования Дебая, длина волны де Бройля;
- наноэлектроника и наноматериалы, виды и методы формирования низкоразмерных систем;
- плазма; виды и характеристики плазмы; основные частицы, содержащиеся в плазме;
- вакуумные методы осаждения слоев металлов, полупроводников и диэлектриков;
- процессы травления поверхности методами ионно-плазменной технологии;
- литографические процессы в технологии интегральных схем;
- диффузионные процессы и процессы ионного внедрения в технологии интегральных схем.

Физика приборов электронных средств

- электронные лампы, классификация и режимы работы, энергия и время пролета электронов, основные электрические цепи электронной лампы;
- двухэлектродные лампы, статические параметры диода: внутреннее сопротивление, крутизна характеристики, методы определения параметров диода; реальные статические характеристики (влияние контактной разности потенциалов, влияние неравномерности температуры катода, эффект Шоттки, влияние падения напряжения вдоль катода, влияние магнитного поля);
- трехэлектродные лампы, электростатическое поле триода при разных напряжениях сетки; междуэлектродные емкости; эквивалентный диод, действующее напряжение «холодного» и «горячего» триода, закон степени $3/2$; статические параметры триода: крутизна характеристики, внутреннее сопротивление, коэффициент усиления;
- физика приборов СВЧ диапазона, время и угол пролета электронов, пространственно-временные диаграммы движения электронов в плоском диоде, наведение тока при движении свободных электронов, форма импульсов наведенного тока, отбор энергии от электронного потока, форма кривой конвекционного тока; резонансные и нерезонансные колебательные системы для отбора энергии от электронов; методы управления электронными потоками, коэффициент модуляции, уравнение скоростной модуляции, замедляющие системы;
- приборы СВЧ диапазона, клистроны, двухрезонаторные и многорезонаторные клистроны: умножитель частоты, генераторы, усилители;

лампы бегущей волны типа (ЛБВ) 0 , усилительные лампы ЛБВ, коэффициент усиления и КПД ЛБВ, лампы обратной волны (ЛОВ) типа 0, магнетронные генераторы, траектории электронов в цилиндрическом магнетроне, КПД магнетрона.

Профессиональный цикл

Основы конструирования электронных средств

- комплексная микроминиатюризация электронных средств, условия комплексной микроминиатюризации и методы их реализации, построение функциональной схемы с наибольшим использованием дискретных методов обработки информации, перевод электрической схемы на микроэлектронный элементный базис, создание микросхем СВЧ и оптического диапазона, разработка новых принципов мощного электромагнитного излучения, интенсификация теплоотвода;
- элементная база электронных средств, устройства функциональной электроники и электрорадиоэлементы;
- компоновка электронных средств, особенности компоновочных решений средств различных поколений; особенности компоновки микроэлектронных СВЧ устройств, вторичных источников питания, микроэлектронных вычислительных устройств; методы выполнения компоновочных работ;
- электромонтаж электронных средств, требования к электромонтажу, классификация элементов электромонтажа, печатный монтаж; особенности конструкции односторонних и двухсторонних печатных плат; многослойные печатные платы; типовые элементы внутриблочного и межблочного монтажа.
- конструирование; конструкторская документация; Единая система конструкторской документации (ЕСКД);
- методология конструирования; требования, предъявляемые к конструкциям бортовых РЭС; показатели качества конструкций РЭС;
- основные этапы разработки конструкций РЭС; системный подход при конструировании РЭС; элементная и конструктивная базы РЭС; унификация и стандартизация конструкций РЭС;
- классификация факторов внешнего воздействия на РЭС; обеспечение защиты конструкций блоков от дестабилизирующих климатических факторов окружающей среды; виды исполнения РЭС; виды механических воздействий и характер их влияния на конструкцию РЭС; вибро- и ударопрочность и устойчивость конструкций РЭС. Расчетные модели для оценки вибропрочности радиоэлементов и элементов конструкции РЭС; способы защиты РЭС от механических воздействий;
- тепловые режимы; механизмы передачи тепловой энергии; методы теплового моделирования конструкций РЭС; Классификация и эффективность систем охлаждения РЭС. Выбор системы охлаждения на ранних стадиях проектирования РЭС;

-классификация помех в РЭС; помехоустойчивость конструкций РЭС; электрические параметры и классификация линий связи монтажных плат; моделирование линий связи;

- расчёт помех электрически коротких линий и электрически длинных связи; способы повышения помехоустойчивости конструкций РЭС; электромагнитная совместимость конструкций ЭС; экранирование; расчёт электромагнитных экранов;

-надёжность РЭС; основные понятия надёжности; показатели надёжности РЭС; моделирование надёжности РЭС; способы повышения надёжности РЭС; расчёт надёжности нерезервированных невосстанавливаемых РЭС; отказоустойчивость РЭС; интервальная оценка надёжности РЭС;

-контроль качества РЭС; основы контроля и управления качеством РЭС; виды технического контроля РЭС; классификация и назначение видов испытаний РЭС; климатические испытания РЭС; механические испытания РЭС; методы обработки результатов испытаний; программные средства проектирования и анализа конструкций РЭС.

Метрология, стандартизация и сертификация

- стандартизация и взаимозаменяемость;
- основные понятия в метрологии; общие вопросы теории погрешностей измерений и средств измерений, классификация погрешностей;
- метрологическое обеспечение, основы метрологии и прикладной статистики;
- государственная и международная системы стандартизации и сертификации.

Электротехника и электроника

- основные определения и законы электрических цепей, электрическая цепь, положительные направления тока и напряжения; цепи гармонического тока;
- применение комплексных чисел к расчету электрических цепей, представление гармонических функций с помощью комплексных величин;
- преобразование схем электрических цепей; методы расчета сложных электрических цепей; колебательные контуры; фильтры;
- магнитные цепи при постоянном магнитном потоке; трансформаторы; электрические машины переменного тока; электрические машины постоянного тока.

Основы цифровой техники

- элементная база, общие сведения о цифровой технике, представление информации в цифровом виде; схема формирования сигналов логического «0» и «1»; системы счисления, используемые в цифровой технике; цифровые сигналы; логические сигналы; Базовые логические элементы «И», «ИЛИ», «НЕ»;

- логические схемы; базовые логические элементы; разновидности триггеров; RS- триггеры, синхронные RS- триггеры; D- триггеры; Т-триггеры; JK-триггеры; триггер Шмита; двоичные счетчики.

- место вычислительных устройств (ВУ) в радиотехнических системах обработки информации и управления; аналоговые и цифровые вычислительные устройства. Универсальные и специализированные цифровые устройства.

-

Физические основы микроэлектроники и нанотехнологии

- элементы квантовой физики; корпускулярно-волновой дуализм, волновые свойства частиц, длина волны де Бройля; принцип неопределенности Гейзенберга; Функция распределения и плотность разрешенных состояний; распределение Ферми-Дирака;

- зонная теория твердого тела и физика полупроводников; основные приближения зонной теории; механизмы рассеяния носителей заряда; классическая теория электропроводности; квантовый подход к рассеянию носителей заряда; электрон-фононное рассеяние, рассеяние на ионизированных атомах примеси; примесные атомы, примесная проводимость с точки зрения зонной теории; процессы рекомбинации в полупроводниках; кинетические явления;

- контактные явления в полупроводниках; контакт металл-полупроводник; электронно-дырочный переход; гетеропереходы;

- физика полупроводниковых приборов; диоды: выпрямительные. стабилитроны, варикапы, ЛПД диоды, диоды Ганна, туннельные, излучательные; транзисторы: биполярные, полевые.

Схемотехника электронных средств

- электрические сигналы, временное и спектральное представление сигналов, характеристики сигналов; транзисторы в устройствах схемотехники, биполярные транзисторы, вольт-амперные характеристики и эквивалентные схемы;

- усилители сигналов; принципы построения, искажение сигналов в усилителях; схемы с ОЭ, ОБ и ОК; схемы на средних, низких и высоких частотах; сравнительная характеристика основных схем усиления; усилители постоянного тока, дифференциальная и ОУ; усилители мощности;

- источники электрического питания; схема ВИП, схемы выпрямителей; фильтры; стабилизация напряжения и тока.

Материаловедение и материалы электронных средств

- строение металлов и сплавов; типы кристаллических решеток; индексация плоскостей и направлений; анизотропия, полиморфизм; строение реальных кристаллов, дефекты и влияние дефектов на электрические и физико-механические свойства материалов; твердые растворы, химические соединения, механические смеси; диаграммы фазового равновесия; механические свойства металлов; упругая

и пластическая деформация; влияние нагрева на свойства деформированного металла;

- конструкционные материалы; железо и его сплавы, диаграммы состояния железо-углерод; углеродистые стали; виды термической обработки; цветные металлы и сплавы; строение и свойства меди, латуни, бронзы; алюминий и алюминиевые сплавы, силумины; припои и флюсы; пластмассы, полимерные соединения (смолы); классификация пластмасс; керамика; сырьевые материалы;

- электротехнические материалы, диэлектрики; основные параметры диэлектриков; диэлектрическая проницаемость и ее зависимость от температуры, диэлектрические потери, векторные диаграммы и эквивалентные схемы диэлектриков с потерями, зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от температуры, частоты, напряжения электрического поля и влажности; пробой диэлектриков; физико-химические и механические свойства диэлектриков, твердые органические диэлектрики, термопласты; нейтральные высокочастотные термопласты полиэтилен, полипропилен, полистирол, фторопласт-4; полярные низкочастотные термопласты полихлорвинил, полиметилметакрилат, полиамиды, полиуретаны, полиэтилентерефталат, поликарбонаты; пластмассы; неорганические стекла; световоды; электровакуумные стекла; ситаллы; керамические материалы, конденсаторная керамика; сегнетоэлектрики; пьезокерамика; электреты; материалы для оптических квантовых генераторов (лазеров);

- электротехнические материалы, полупроводники; основные параметры полупроводников (удельное сопротивление, ширина запрещенной зоны, концентрация носителей заряда, подвижность носителей заряда); принципы очистки полупроводников от сопутствующих примесей; способы получения монокристаллов полупроводников высокой чистоты; элементарные полупроводники, кремний, примеси замещения и внедрения, нейтральные примеси, простые доноры и акцепторы; примеси , создающие глубокие уровни; германий; сложные полупроводники, арсенид галлия, фосфид галлия, твердые растворы;

- электротехнические материалы, проводники; проводниковая медь, проводниковый алюминий, серебро, золото; сверхпроводники; материалы с высоким электросопротивлением, материалы для резисторов; сплавы для резистивных устройств, нихромы, фехрали, хромели; материалы непроволочных резисторов, углеродистых, металлопроволочных, металлооксидных; керметы;

- магнитные материалы, диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики; доменное строение ферромагнетиков; точка Кюри; магнитная анизотропия; магнитострикция; процессы намагничивания и перемагничивания в постоянном электрическом поле; петля гистерезиса; остаточная индукция, коэрцитивная сила; металлические магнитомягкие материалы; магнитотвердые материалы.

Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств

- состав информационных технологий и систем; классификация информационных технологий и систем;

- принципы и методы создания современных радиоэлектронных средств средствами САПР.

Технология производства электронных средств и наноструктур

- основы технологии устройств РЭС;
 - технологичность конструкций изделий РЭС;;
 - механическая обработка типовых поверхностей деталей РЭС;
 - технология изготовления РЭС из пластмасс;
 - понятие о технологическом процессе, производственный процесс;
- характеристики единичного, типового и группового технологических процессов;
- технологическая подготовка производства;
 - электрофизические и электрохимические методы обработки;
 - защитные покрытия элементов конструкций и деталей РЭС;
 - защита электронных элементов и устройств от воздействия внешней среды;
 - технология производства печатных плат;
 - типовые технологические процессы сборки и монтажа РЭС;
 - технология поверхностного монтажа;
 - сборка функциональных изделий РЭС;
 - производственный и технологический процессы;
 - классификация технологических процессов; типовые технологические процессы, базовые технологические процессы и основы их проектирования; - - технологическая подготовка производства;
 - единая система технологической документации (ЕСТД); технологическая документация; технологические процессы сборки и монтажа конструкций электронных модулей.
 - основные технологические процессы механообработки; технологические процессы изготовления интегральных полупроводниковых РЭС; технологические процессы прототипирования конструкций РЭС;
 - оценка технологичности конструкций РЭС; моделирование технологических процессов; программные средства проектирования технологических процессов РЭС.;
 - стадии проектирования технологических процессов (ТП); единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП); структура и состав ЕСТПП; источники и классификация производственных погрешностей; методы оценки технологических погрешностей; точность и надёжность технологических процессов.

Основы управления техническими системами

- системы автоматического регулирования и информационно-измерительные системы для УТС; применение УСТ.
- типы систем РА: разомкнутые системы, системы РА с обратной связью, комплексные системы;
- основные функциональные устройства в системах РА, классификация систем;

**Перечень вопросов для вступительных испытаний в магистратуру по
по направлению подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология
электронных средств»**

Математический и естественнонаучный цикл

1. Понятие об электронных средствах; интегральные схемы, их классификация; закон Мура; физические и физико-химические ограничения процесса микроминиатюризации, радиус экранирования Дебая, длина волны де Бройля.
2. Нанoeлектроника и наноматериалы, виды и методы формирования низкоразмерных систем.
3. Плазма; виды и характеристики плазмы; основные частицы, содержащиеся в плазме.
4. Физическая и химическая адсорбция. Эффекты, определяющие физическую адсорбцию.
5. Кинетика процессов адсорбции. Минимальное время адсорбции.
6. Статические параметры диода: внутреннее сопротивление, крутизна характеристики, методы определения параметров диода.
7. Реальные статические характеристики диода (влияние контактной разности потенциалов, влияние неравномерности температуры катода, эффект Шоттки, влияние падения напряжения вдоль катода, влияние магнитного поля).
8. Атомно-кристаллическое строение материалов. Типы кристаллических решеток, Координационное число, параметры решетки, плотность упаковки.

Профессиональный цикл.

1. Виды термической обработки металлов и сплавов. Их краткая характеристика и назначение.
2. . Твердые растворы, химические соединения, механические смеси; диаграммы фазового равновесия.
3. Упругая и пластическая деформация; влияние нагрева на свойства деформированного металла.
4. Строение и свойства меди, латуни, бронзы. Области применения.
5. Алюминий и алюминиевые сплавы. Свойства и применение.
6. Основные параметры диэлектриков; диэлектрическая проницаемость и ее зависимость от температуры.
7. Диэлектрические потери, векторные диаграммы и эквивалентные схемы диэлектриков с потерями.
8. Классификация полимеров.
9. Твердые органические диэлектрики, термопласты.
10. Нейтральные высокочастотные термопласты полиэтилен, полипропилен, полистирол, фторопласт-4. Свойства и области применения.
11. Полярные низкочастотные термопласты полихлорвинил, полиметилметакрилат, полиамиды, полиуретаны, полиэтилентерефталат, поликарбонаты. Свойства и области применения.

12. Керамические материалы, конденсаторная керамика; сегнетоэлектрики; пьезокерамика. Свойства и области применения
13. Основные параметры полупроводников (удельное сопротивление, ширина запрещенной зоны, концентрация носителей заряда, подвижность носителей заряда).
14. Собственный полупроводник. Собственная концентрация. Положение уровня Ферми в собственном полупроводнике.
15. Кремний, примеси замещения и внедрения, нейтральные примеси, простые доноры и акцепторы; примеси, создающие глубокие уровни.
16. Проводниковая медь, проводниковый алюминий, серебро, золото.
17. Сплавы для резистивных устройств: нихромы, фехрали, хромели.
18. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.
19. Процессы намагничивания и перемагничивания в постоянном электрическом поле. Петля гистерезиса.
20. Примесные атомы, примесная проводимость с точки зрения зонной теории.
21. Процессы рекомбинации в полупроводниках.
22. Контакт металл-полупроводник.
23. Электронно-дырочный переход. Классификация переходов. Область пространственного заряда (ОПЗ). Гетеропереходы.
24. Диоды: выпрямительные, стабилитроны, варикапы. Принципы работы.
25. Биполярные и полевые транзисторы. Принципы работы.
26. Биполярные транзисторы. Вольт-амперные характеристики и эквивалентные схемы.
27. Сравнительная характеристика схем усилительных каскадов по схемам с ОЭ, ОБ и ОК.
28. Базовые логические элементы «И», «ИЛИ», «НЕ».
29. Сравнительный анализ полупроводниковых биполярных и МОП технологий.
30. Представление информации в цифровом виде. Схема формирования сигналов логического «0» и «1».
31. Явление диффузии. Диффузионные токи электронов и дырок. Соотношение Эйнштейна.
32. Энергетические диаграммы симметричного и несимметричного ($N_d > N_a$) p-n переходов при прямом напряжении.
33. Энергетические диаграммы симметричного и несимметричного ($N_d > N_a$) p-n переходов при обратном напряжении.
34. Дипольно-релаксационная поляризация. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры и частоты электрического поля.
35. Электронная поляризация. Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты электрического поля и температуры для электронной поляризации.
36. Сопротивление тонких металлических пленок. Размерные эффекты. Параметр зеркальности.
37. Неравновесные и избыточные носители заряда в полупроводнике. Рекомбинация. Скорость рекомбинации.
38. Классификация диэлектрических материалов.
39. Сплавы высокого сопротивления. Сплавы для термопар. Контактная разность потенциалов. Термо-э.д.с. Эффект Зеебека.
40. Процессы травления поверхности методами ионно-плазменной технологии.

41. Литографические процессы в технологии интегральных схем.
42. Диффузионные процессы в технологии интегральных схем.
43. Процессы ионного внедрения в технологии интегральных схем.
44. Основные понятия в метрологии; общие вопросы теории погрешностей измерений и средств измерений, классификация погрешностей.
45. Конструирование. Конструкторская документация. Единая система конструкторской документации (ЕСКД).
46. Основные этапы разработки конструкций РЭС. Унификация и стандартизация конструкций РЭС.
47. Показатели качества конструкций РЭС. Основные этапы разработки конструкций РЭС.
48. Классификация факторов внешнего воздействия на РЭС. Защита конструкций РЭС от дестабилизирующих климатических факторов окружающей среды. Виды исполнения РЭС.
49. Виды и параметры механических воздействий на конструкцию РЭС.
50. Механическая прочность конструкций РЭС. Способы защиты РЭС от механических воздействий.
51. Тепловые режимы. Способы передачи тепловой энергии.
52. Методы теплового моделирования конструкций РЭС.
53. Показатели надёжности РЭС.
54. Моделирование надёжности РЭС.
55. Помехоустойчивость конструкций РЭС. Электрические параметры и классификация линий связи монтажных плат.
56. Согласование электрически длинных линий связи.
57. Методология конструирования. Требования, предъявляемые к конструкциям бортовых РЭС ЛА.
58. Классификация и эффективность систем охлаждения РЭС. Выбор системы охлаждения на ранних стадиях проектирования РЭС.
59. Способы повышения надёжности РЭС.
60. Компонировка электронных средств, особенности компоновочных решений электронных модулей первого и второго уровней.
61. Выбор класса точности изготовления печатных плат.
62. Основные виды испытаний РЭС. Механические испытания РЭС.
63. Экранирование электростатических полей.
64. Экранирование магнитных полей.
65. Материалы электромагнитных экранов.
66. Экранирование электромагнитных полей в ближней и дальней зоне.
67. Оценка эффективности экранирования.
68. Основные материалы несущих конструкций бортовых РЭС. Сравнительный анализ алюминиевых и магниевых сплавов.
69. Виды технологических процессов Типовые технологические процессы, базовые технологические процессы.
70. Технологическая подготовка производства. Единая система технологической документации (ЕСТД). Виды технологической документации.

71. Технологические процессы сборки и монтажа конструкций электронных модулей первого уровня.
72. Технологические процессы изготовления печатных плат.
73. Оценка технологичности конструкций РЭС.
74. Стадии проектирования технологических процессов (ТП). Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП). Структура и состав ЕСТПП.
75. Источники и классификация производственных погрешностей. Методы оценки технологических погрешностей. Точность и надёжность технологических процессов.
76. Виды технологической документации.
77. Технологические процессы изготовления интегральных полупроводниковых РЭС.
78. Технологические процессы прототипирования конструкций РЭС.
79. Основные технологические процессы механообработки.
80. Контроль качества РЭС. Основы контроля и управления качеством РЭС. Виды технического контроля РЭС.
81. Место вычислительных устройств в радиотехнических системах обработки информации и управления.
82. Аналого-цифровые преобразователи: назначение, принцип работы и основные параметры.
83. Основные принципы построения вычислительных средств: принцип микропрограммного управления, модульного построения и магистрального обмена информацией.
84. Процессоры цифровой обработки сигналов: назначение и основные параметры.
85. Системы автоматизированного проектирования (САПР). Принципы, структура и компоненты САПР.

Литература.

1. Ю. Муромцев. Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств. М.: Академия, 2010.
2. Г.И. Атабеков. Теоретические основы электротехники. М.: Лань, 2010.
3. В.А. Прянишников, Электроника. Полный курс лекций. М.: Корона-век, 2010.
4. Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин. Материаловедение: учебник для ВУЗов. М.: 2007
5. В.В. Пасынков, В.С. Сорокин. Материалы электронной техники. М.: Высшая школа, 1986.-366 с.
6. В.Б. Сажин. Основы материаловедения. М.: Машиностроение.1990ю-527 с.
7. М. Гродман. Физика полупроводников, приборы и нанотехнологии. М.: Издательский дом «Интеллект».2008.
8. В.В.Пасынков, Л.К. Чиркин. Полупроводниковые приборы. СПб.: Лань. 2004.

9. Ч.Пул, Ф.Оуэнс. мир материалов и технологий, нанотехнологии. М.: Техносфера, 2004.
- 10 А.А.Щука. Электроника /Под ред.Сигова А.С./СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
- 11 Э Зенгуил. Физика поверхности. М.: Мир.1990.
- 12 Г.Ф.Ивановский , В.И.Петров. Ионно-плазменная обработка материалов. М.:Мир, 1992.
- 13 В.В.Крапухин, И.А.Соколов, Г.Д..Кузнецов. Технология материалов электронной техники. М.: МИСиС, 1995.
- 14 А. Белоус. Основы схемотехники микроэлектронных устройств. М.: Техносфера,2012.
- 15 А.Д. Сушков. Вакуумная электроника Физико-технические основы М.: Лань, 2004.
- 16 . А.А. Чернышев. Основы конструирования и надежности электронных вычислительных средств. М.: МАТИ им. К.Э Циолковского,2003.
- 17 Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры. Учебник Билибин К.И. и др. Под ред. В.А. Шахнова .– МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005г.
- 18 Конструирование радиоэлектронных средств. Учебное пособие В.Ф. Борисов и др. Под ред. А.С. Назарова. – М. МАИ, 1996 г.
- 19 Чеканов А.Н. Расчёты и обеспечение надёжности электронной аппаратуры. Учебное пособие – М.: КНОРУС,2012г.
- 20 Информатика. Базовый курс: Учебник для вузов. 2-е изд. Под ред. С.В. Симоновича. - СПб.: Питер, 2010-640с.
- 21 Иевлев В.И. Конструирование и технология электронных средств: Учебное пособие. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. - 217 с