

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
"БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ"**

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

_____ С.К. Дик

" ___ " _____ 2017 г.

ПРОГРАММА

вступительного экзамена в магистратуру по специальности
**1–41 80 02 «Технология и оборудование для производства
полупроводников, материалов и приборов электронной
техники»**

Минск 2017

Программа составлена на основании типовых учебных программ дисциплин: «Технология деталей РЭС» рег. № УД-1-279/р, «Проектирование и производство изделий интегральной электроники» рег. № УД-1-671/р, «Технология РЭС» рег. № УД-1-474/р учебного плана специальности 1-39 02 02 «Проектирование и производство РЭС».

СОСТАВИТЕЛИ:

Бордусов Сергей Валентинович – доктор технических наук, профессор
Ланин Владимир Леонидович – доктор технических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 19 от « 15 » мая 2017 г.)

Заведующий кафедрой ЭТТ,
кандидат технических наук, доцент

С.И. Мадвейко

Раздел 1. Оборудование и технология производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники

1.1. Строение вещества. Методы исследования структуры и состава вещества. Основы физико-химического анализа: диаграммы состояния. Важнейшие типы диаграмм состояния в бинарных системах. Основы теории сплавов. Механизмы пластической деформации и упрочнения. Рекристаллизация. Основные свойства материалов (функциональные, технологические, потребительские). Механические свойства материалов в условиях статического, динамического и циклического нагружения. Электрические, магнитные, теплофизические, триботехнические свойства, коррозионностойкость материалов. Технологические свойства (обрабатываемость, паяемость, свариваемость и др.).

1.2. Конструкционные материалы на основе железа (стали и чугуны). Диаграмма состояния и основные превращения в системе железо-углерод. Влияние технологических примесей, углерода и легирующих элементов на свойства сталей и чугунов. Основы термической обработки сталей. Основные виды термической, химикотермической и термомеханической обработки. Классификация, маркировка, свойства и применение основных групп конструкционных сталей и чугунов. Инструментальные материалы. Конструкционные материалы на основе цветных металлов (Al, Cu, Mg, Ti и др.).

1.3. Композиционные и порошковые материалы. Неметаллические конструкционные материалы (полимеры и пластмассы, силикаты и несиликаты, стекломатериалы, керамика и др.).

1.4. Электрорадиотехнические материалы: диэлектрики (свойства, классификация, применение, основные группы); проводниковые и резистивные материалы, припои, флюсы, материалы электровакуумной и криогенной техники; классификация, свойства, применение основных групп магнитных материалов; полупроводниковые материалы (свойства, классификация, получение, применение).

1.5. Классификация методов формообразования и упрочняюще-чистовой обработки материалов. Лезвийная обработка резанием (физические основы, основные технологические схемы обработки, режимы и методика их расчета, расчет припусков под обработку, нормирование операций, технология точения, фрезерования, обработки отверстий, резьбо- и зубонарезание и др.). Абразивная обработка (шлифование, полирование, притирка, хонингование и др.).

1.6. Технология литья (классификация методов, проектирование отливок и литниковых систем, технология литья в землю, металлические формы, под давлением, по выплавляемым моделям и др.). Обработка давлением (прокатка, волочение, ковка, объемная штамповка, сортамент проката). Холодная листовая штамповка (технологические возможности, виды операций, проектирование ТП, оборудование, оснастка).

1.7. Порошковая металлургия, керамическая технология, изготовление изделий из пластмасс. Электрофизикохимическая обработка материалов (электроэрозионная, лазерная, электронно-лучевая, плазменная, ультразвуковая, анодная размерная и улучшающая и др.). Технология изготовления типовых

деталей электронно-оптической аппаратуры (валов и осей, корпусных и плоских деталей, деталей малой жесткости и др.). Расчет и конструирование приспособлений.

1.8. Технология изготовления толстопленочных ИМС. Виды и характеристики паст. Режимы вжигания паст.

1.9. Методы, технология и автоматизированное оборудование для получения функциональных и защитно-декоративных покрытий.

1.10. Технология изготовления и очистки поверхности пластин и подложек ИМС с использованием различных физико-химических процессов. Методы измерения электрофизических параметров полупроводниковых пластин и структур.

1.11. Конструкции элементов полевых ИМС и их основные характеристики. Оборудование, технологические режимы изготовления.

1.12. Базовые процессы формирования маскирующих слоев в технологии ИМС. Механизмы окисления. Технология, оборудование и используемые материалы.

1.13. Технология формирования монокристаллических слоев эпитаксиальным наращиванием. Физико-химические механизмы зародышеобразования. Методы эпитаксиального наращивания, оборудование, материалы.

1.14. Проектирование и производство оптоэлектронных элементов коммутации.

1.15. Функциональные схемы ПЗУ и ППЗУ. Элементы устройств памяти на цилиндрических магнитных доменах.

1.16. Элементы устройств отображения информации в РЭС, используемые физические явления, конструкция, основные расчетные соотношения.

1.17. Технология формирования монокристаллических слоев эпитаксиальным наращиванием. Физико-химические механизмы зародышеобразования. Методы эпитаксиального наращивания, оборудование, материалы.

1.18. Вакуумные методы формирования монокристаллических, полукристаллических и аморфных слоев. Технология получения пленок термическим испарением в вакууме.

1.19. Термическое окисление кремния — базовый процесс формирования маскирующих слоев в технологии ИС. Механизмы окисления в различных средах. Технология, оборудование и используемые материалы.

1.20. Технология фотолитографической гравировки. Фотохимические процессы в резисторах. Методы формирования конфигурации элементов ИС субмикронных размеров.

1.21. Ионные, ионно-плазменные и плазмохимические процессы удаления материалов в технологии ИС. Химические процессы в плазме. Оборудование и материалы. Структурная схема микропроцессорной установки ионного травления.

1.22. Ионные, ионно-плазменные и плазмохимические процессы нанесения материалов на поверхности ИС. Физические основы процессов распыления материалов. Оборудование и материалы.

1.23. Технология и оборудование для диффузионного легирования полупроводников. Механизмы диффузии. Методы расчета.

1.24. Технология и оборудование для ионного легирования полупроводников. Физические эффекты каналирования и дефектообразования.

1.25. Методы электрической изоляции элементов полупроводниковых ИМС. Классификация. Сравнительная оценка изоляции диффузионными областями и диэлектриком. Изоляция обратносмещенным p-n переходом. Коллекторная изолирующая диффузия. «Эпик» и VIP-процессы. Изопланар. Кремний на сапфире.

1.26. Конструкции элементов биполярных интегральных схем и их основные характеристики. Конструкция элементов униполярных и функционально-интегрированных элементов. Контроль качества цифровых ИМС.

1.27. Сборочные процессы в технологии интегральных микросхем. Методы разделения пластин. Корпусирование. Виды корпусов ИМС. Монтаж кристаллов в корпус. Методы и оборудование. Особенности сборки ИМС при различных конструкциях выводов.

1.28. Технология и оборудование проволочного микромонтажа ИМС. Термокомпрессионная, ультразвуковая и термозвуковая микросварка.

1.29. Герметизация металлостеклянных, металлокерамических и пластмассовых корпусов полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Контроль герметичности корпусов.

Раздел 2. Проектирование и производство радиоэлектронных средств

2.1. Определение конструкций радиоэлектронных средств (РЭС). Классификация РЭС по назначению, объекту установки, условиям применения и конструктивным признакам.

2.2. Определение процесса конструирования. Методы активации технического творчества при конструировании: «мозгового штурма», морфологический, диаграмма идей, отбор идей и анализ. Многошаговый синтез через анализ. Принятие решений в условиях неопределенности. Роль конструктора в создании современных радиоэлектронных приборов и систем.

2.3. Микроминиатюризация РЭС, как одно из важнейших направлений в конструировании. Качество конструкций, определение, основные характеристики, определение технологичности конструкций.

2.4. Методы конструирования РЭС: геометрический, машиностроительный, топологический, моноконструкций, базовый, эвристический, автоматизированного проектирования.

2.5. Элементная база РЭС и структура аппаратуры 1, 2, 3, 4 и 5-го поколений. Особенности конструкций электронных модулей и технологии их сборки.

2.6. Печатный монтаж: методы автоматизированного конструирования, применяемые в мировой практике. Достоинства и недостатки печатных плат. Материалы для печатных плат. Комбинированные методы изготовления плат.

2.7. Односторонние, двусторонние, многослойные печатные платы. Композиционная проработка печатных плат кассетного типа, открытого типа.

2.8. Расположение отверстий на печатных платах. Расчет параметров печатных проводников.

2.9. Конструирование микросборок и микроблоков. Эффективность применения микросборок в конструкциях РЭС.

2.10. Детали коммутационных и отсчетных устройств. Типовые технические требования. Правила оформления чертежей.

2.11. Выбор способа трассировки. Выбор конструктивных вариантов электрических и механических соединений модулей низшего уровня. Уточнение габаритных и посадочных размеров модулей низшего уровня и определение размеров самого изделия. Разработка ТЗ на конструирование модулей низшего уровня.

2.12. Классификация и характеристики механических и акустических воздействий. Влияние их на работоспособность РЭС. Понятия вибро- и ударопрочности, вибро- и удароустойчивости. Экспериментальные методы их определения. Динамическая модель конструкции. Свободные и вынужденные колебания. Коэффициент динамичности, виброскорость, статический прогиб, коэффициент демпфирования, собственная частота колебаний. Степени свободы.

2.13. Вибро- и ударозащита РЭС. Конструктивные способы виброзащиты элементов конструкций. Вибро- и удароизоляция, вибропоглощающие материалы и накопители, способы повышения собственных частот печатных плат. Амортизация РЭС. Виды амортизаторов и их типы. Расчет эффективности вибро- и удароизоляции блока РЭС большой массы.

2.14. Теплообмен в РЭС. Теплопроводность, конвекция, излучение. Электротепловая аналогия, математическое моделирование тепловых режимов конструкций РЭС, тепловая совместимость элементов конструкции. Закон Ома для тепловых схем. Разработка тепловых схем. Теплообмен при кипении жидкости и конденсации паров. Передача теплоты в ребрах и пластинах.

2.15. Системы охлаждения РЭС. Кондуктивные, воздушные, жидкостные, испарительные, комбинированные, на эффекте Пельтье. Эффективность системы охлаждения, принцип работы, конструктивные формы. Расчет конструкции радиаторов.

2.16. Особенности конструирования и микроминиатюризации РЭС различного назначения. Особенности разработки конструкций РЭС различного назначения и принципа функционирования. Наземные, бортовые и носимые РЭС. Специфика конструирования цифровых, аналоговых комбинированных узлов и блоков. Конструкции РЭС с использованием микропроцессоров и микроЭВМ. Мощные РЭС и источники вторичного электропитания.

2.17. Конструкции РЭС, использующие принцип обработки, передачи и отображения информации на основе явлений оптоэлектроники. Обеспечение гибкости в проектировании при повышении степени интеграции микросхем. Использование принципов физической интеграции при конструктивной реализации РЭС. Дальнейшее развитие повышения уровня интеграции, новые решения (монтаж на поверхности, крупноформатные подложки, интеграция на целой пластине). Возрастание роли конструктора-технолога в развитии радиотехнических систем, расширение комплексного многогранного применения вычислительной техники.

2.18. Производственный и технологический процессы, их структура и элементы в соответствии с ЕСТПП. Виды и типы технологических процессов.

2.19. Экономичность технологических процессов. Технологическая себестоимость, ее структура и пути снижения. Выбор оптимального варианта техпроцесса по себестоимости.

2.20. Производительность технологических процессов. Структура технической нормы времени. Выбор оптимального варианта техпроцесса по производительности. Пути повышения производительности труда.

2.21. Технологичность конструкции, основные виды, структура, показатели, методика расчета, автоматизация оценки технологичности конструкции.

2.22. Субтрактивные методы изготовления ПП: структура, базовые, технологические операции, режимы, оборудование, основные направления совершенствования.

2.23. Аддитивные методы изготовления ПП: структура, базовые, технологические операции, режимы, оборудование, пути повышения эффективности.

2.24. Технологические процессы изготовления плат на керамическом, металлическом и полиимидном основаниях.

2.25. Многослойные ПП: методы изготовления, структура технологических процессов, базовые технологические операции, режимы их выполнения, применяемое оборудование. Контроль качества. Визуализация дефектов.

2.26. Групповая монтажная пайка: технологические основы процесса, методы и режимы выполнения, автоматизированное оборудование.

2.27. Монтажная сварка: технологические основы процесса, методы и режимы выполнения, автоматизированное оборудование с микропроцессорным управлением.

2.28. Входной контроль компонентов и подготовка к монтажу: технико-экономическое обоснование целесообразности входного контроля, типовая структура процесса, основные технологические операции и применяемое автоматизированное оборудование.

2.29. Сборка электронных модулей наДПП и МПП, классификация методов, технология выполнения, автоматизированное оборудование.

2.30. Групповая пайка: структура процесса, технология выполнения подготовительных и заключительных операций, автоматизированное оборудование.

2.31. Технология отмывки электронных модулей после пайки. Автоматизированное технологическое оборудование. Контроль уровня загрязнений.

2.32. Технология монтажа на поверхность плат, основные варианты процессов, особенности подготовки, сборки и монтажа электронных модулей. Программно–управляемое оборудование. Автоматизация процессов.

2.33. Технология внутриблочного монтажа с помощью коммутационных плат (тканых, многопроводных).

2.34. Технология межблочного жгутового монтажа, обнаружение и поиск неисправностей в РЭС. Поиск неисправностей в цифровых устройствах.

- 2.35. Технология изготовления и сборки волоконно-оптических устройств и оптических дисков, запоминающих устройств, устройств СВЧ.
- 2.36. Технология защиты и герметизации РЭС.
- 2.37. Имитационное моделирование технологических систем: виды моделей, основные показатели, работа моделирующего алгоритма.
- 2.38. Методы обеспечения заданной технологической точности сборки.
- 2.39. Контроль, диагностика неисправностей РЭС, регулировка и технологическая тренировка.
- 2.40. Расчет коэффициента роста производительности общественного труда при автоматизации производственных процессов и выбор оптимального направления автоматизации.
- 2.41. Структурно-логические модели ТП. Классы структурно-логических моделей. Табличные модели. Сетевая форма описания ТП. Алгоритм проектирования ТП с использованием сетевой модели. Перестановочная форма описания ТП. Алгоритм проектирования ТП с использованием перестановочной модели. Индивидуальный и обобщенный технологические маршруты. Алгоритм синтеза технологического маршрута из обобщенного ТП.
- 2.42. Математическое обеспечение автоматизации проектирования технологических процессов РЭС. Требования к моделям, используемым при решении типовых задач технологического проектирования РЭС. Функциональные и структурные модели технологических процессов изготовления РЭС.

Раздел 3. Автоматизация проектирования и производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники

- 3.1. Математическое обеспечение автоматизации конструкторского проектирования РЭС. Алгоритмизация задач конструкторского проектирования РЭС. Компоновка типовых элементов конструкций. Алгоритмы покрытия. Алгоритмы размещения. Алгоритмы линейного назначения. Итерационные алгоритмы. Алгоритмы парных перестановок. Алгоритмы случайного поиска и случайного блуждания. Эвристические алгоритмы размещения: последовательные и параллельные алгоритмы. Непрерывно-дискретные алгоритмы. Алгоритмы, использующие дискретные методы оптимизации.
- 3.2. Алгоритмы и модели трассировки. Классификация. Трассировка проводных и печатных соединений. Волновой алгоритм Ли. Метод встречной волны. Лучевой алгоритм трассировки. Эвристические алгоритмы трассировки. Алгоритмы трассировки на основе нейронных сетей.
- 3.3. Использование пакетов прикладных программ (ППП) PCAD и AltiumDesigner для проектирования печатных плат. Назначение, возможности, структура. Требования к компьютеру. Методика проектирования электрических схем и создания библиотечных элементов. Решение задач размещения и трассировки печатных модулей РЭС. Вывод чертежей на принтер и плоттер.
- 3.4. САПР AutoCad. Назначение, возможности, структура. Требования к компьютеру. Настройки. Общие принципы работы. Графические примитивы и их

создание. Штриховка. Нанесение размеров. Редактирование и управление размерами. Задание месторасположения и выбор объектов. Создание блоков. Работа с текстом. Методика проектирования изделий РЭС в AutoCAD.

3.5. САПР T-Flex CAD. Назначение, возможности, структура. Требования к компьютеру. Настройки. Общие принципы работы. Параметрическое и непараметрическое 2D, 3D проектирование. Методика проектирования в T-Flex CAD.

3.6. Имитационное моделирование технологических систем: виды моделей, основные показатели, работа моделирующего алгоритма.

3.7. Расчет коэффициента роста производительности общественного труда при автоматизации производственных процессов и выбор оптимального направления автоматизации.

3.8. Структурно-логические модели ТП. Классы структурно-логических моделей. Табличные модели. Сетевая форма описания ТП. Алгоритм проектирования ТП с использованием сетевой модели. Перестановочная форма описания ТП. Алгоритм проектирования ТП с использованием перестановочной модели. Индивидуальный и обобщенный технологические маршруты. Алгоритм синтеза технологического маршрута из обобщенного ТП.

3.9. Математическое обеспечение автоматизации проектирования технологических процессов РЭС. Требования к моделям, используемым при решении типовых задач технологического проектирования РЭС. Функциональные и структурные модели технологических процессов изготовления РЭС.

Литература к разделу 1

1. Технология СБИС. В 2-х кн./Пер. с англ.: Под ред. С.Зи. - М.: Мир, 1986. – 404 с.
2. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И. Материаловедение: Учебник для ВУЗов. - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. – 648 с.
3. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники: Учебник для ВУЗов. - М.: Лань, 2001.–368 с.
4. Технология конструкционных материалов: Учеб. пособие для вузов. В 2-х т./ Под ред. А.М.Дальского.- М.: Машиностроение, 1998.
5. Партала О.Н. Радиокomпоненты и материалы: Справочник. – К.: Радиоаматор, М.: КУБК-а, 1998.
6. Машиностроение. Энциклопедия. Т.Ш-3. Технология изготовления деталей машин/ Под общ. ред. А.Г.Суслова.- Машиностроение, 2000.- 840 с.
7. Машиностроение. Энциклопедия. Т.Ш-8. Технологии, оборудование и системы управления в электронном машиностроении/Под ред. Ю.В.Порфилова.- М.: Машиностроение, 2000.- 744 с.
8. Росадо Л. Физическая электроника и микроэлектроника.- М.:Высш. шк., 1991.- 437 с.
9. Барыбин А.А., Сидоров В.Г. Физико-технологические основы электроники.- СПб.: Лань, 2001.- 272 с.
10. Рычина Т.А., Зеленский А. В. Устройства функциональной электроники и электрорадиоэлементы.- М. : Радио и связь, 1990.- 412 с.
11. Емельянов В.А. Корпусирование интегральных схем. – Минск: Полифакт, 1998. – 360 с.

12. Емельянов В.А. Технология микромонтажа интегральных схем. – Минск.: Беларуская навука, 2002. – 335 с.

13. Технология изделий интегральной электроники / Л.П. Ануфриев и др. ; под ред. А.П. Достанко и Л.И. Гурского. – Минск: Амалфея, 2010. – 536 с.

Литература к разделу 2

1. Боровиков С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности: Учебник для вузов. – Мн.: Дизайн ПРО, 1998. – 336 с.

2. Основы конструирования радиоэлектроники / Ж.С. Воробьева, Н.С. Образцов, И.Н. Цырельчук и др. – Минск: БГУИР, 2001.

3. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств. – М. Высш. шк., 1990. – 432 с.

4. Шимкович А.С. Конструирование несущих конструкций РЭС и защита их от дестабилизирующих факторов. Ч.1, 2: Учеб. пособие. – Минск: БГУИР, 1999.

5. Проектирование и производство РЭС. Дипломное проектирование. / А.П. Достанко, В.М. Бондарик, С.В. Бордусов, и др. Под общ. ред. А.П. Достанко. – Минск: БГУИР, 2006. – 220 с.

6. Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства: Учебник / А.П. Достанко, В.Л. Ланин, А.А. Хмыль, Л.П. Ануфриев; Под общ. ред. А.П. Достанко. – Минск: Высш. шк., 2002.

7. Ушаков Н.Н. Технология производства ЭВМ: учебник. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 416 с.

8. Готра З.Ю. Технология микροэлектронных устройств: Справочник. – М.: Радио и связь. 1991. – 528 с.

11. Достанко А.П., Пикуль М.И., Хмыль А.А. Технология производства ЭВМ. Учебник. Минск: Высш. школа., 1994. – 347 с.

12. Ланин В.Л., Емельянов В.Д., Хмыль А.А. Проектирование и оптимизация процессов производства электронной аппаратуры. – Минск: Бестпринт, 1998. – 195 с.

13. Ануфриев Л.П., Ланин В.Л., Хмыль А.А. Коммутационные платы электронной аппаратуры. – Минск: БГУИР, 2000. – 85 с.

14. Технология поверхностного монтажа: Учебное пособие / С.П. Кундас, А.П. Достанко, Л.П. Ануфриев и др. – Минск: Армита-Маркетинг, Менеджмент, 2000.

15. Ланин В.Л., Достанко А.П., Телеш Е.В. Формирование токопроводящих контактных соединений в изделиях электроники. – Минск: Издат. центр БГУ, 2007. – 574.

Литература к разделу 3

1. Кундас С.П., Ланин В.Л., Ануфриев Л.П. Моделирование технологических процессов производства РЭС и ЭВС. – Минск: БГУИР. – 2000. – 155 с.

2. Онегин Е.Е., Зенькович В.А., Битно Л.Г. Автоматическая сборка ИС. – Минск: Высш. шк., 1990. – 383 с.

3. Разевиг В.Д. Проектирование печатных плат в P-CAD 2001. – М.: «СОЛОН-Р», 2001. – 557 с.

4. Саврушев Э. Ц. P-CAD для Windows: система проектирования печатных плат : практическое пособие / Э. Ц. Саврушев. - М.: Эком, 2002.- 320 с.
5. Медведев А. М. Сборка и монтаж электронных устройств. – М.: Техносфера. – 2007. – 256 с.
6. Ткачев Д. AutoCad2005 / Д. Ткачев. - СПб.: Питер, 2005. - 462с.