



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«МИРЭА - Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино



«УТВЕРЖДЕНО»

Директор

Филиала

Л.А. Макарова

ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Направление подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль
Твердотельная электроника

Квалификация выпускника
Бакалавр

для всех форм обучения

Программа государственной итоговой аттестации по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» разработана на основании:

- Положения о порядке проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры. СМКО МИРЭА 7.5.1/03.П.30-16;
- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Минобрнауки России от 12.03.2015 № 216;
- учебного плана и календарного учебного графика по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень бакалавриата).

Государственная итоговая аттестация выпускников по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень бакалавриата) проводится в форме: государственного экзамена и защиты выпускной квалификационной работы.

1. Требования к выпускнику, предъявляемые государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.04

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать профессиональными компетенциями, соответствующими виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа бакалавриата:

научно-исследовательская деятельность:

- способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1);

- способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения (ПК-2);

- готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3);

проектно-конструкторская деятельность:

- способностью проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов (ПК-4);

- готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-5);

- способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы (ПК-6);

- готовностью осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК-7);

производственно-технологическая деятельность:

- способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники (ПК-8);

- готовностью организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники (ПК-9);

- организационно-управленческая деятельность: готовностью участвовать в разработке организационно-технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет), установленной отчетности по утвержденным формам (ПК-10);

- способностью выполнять задания в области сертификации технических средств,

систем, процессов, оборудования и материалов (ПК-11);

- способностью организовывать работу малых групп исполнителей (ПК-12);
монтажно-наладочная деятельность:

- способностью налаживать, испытывать, проверять работоспособность измерительного, диагностического, технологического оборудования, используемого для решения различных научно-технических, технологических и производственных задач в области электроники и нанoeлектроники (ПК-13);

- готовностью к участию в монтаже, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов материалов и изделий электронной техники (ПК-14);

сервисно-эксплуатационная деятельность:

- способностью к сервисному обслуживанию измерительного, диагностического, технологического оборудования (ПК-15);

- готовностью осуществлять регламентную проверку технического состояния оборудования, его профилактический осмотр и текущий ремонт (ПК-16);

- способностью составлять заявки на запасные детали и расходные материалы, а также на поверку и калибровку аппаратуры (ПК-17);

- способностью разрабатывать инструкции для обслуживающего персонала по эксплуатации используемого технического оборудования и программного обеспечения (ПК-18).

2. Форма проведения итогового междисциплинарного экзамена

Итоговый междисциплинарный экзамен проводится по завершению теоретического курса обучения на заседании Государственной экзаменационной комиссии.

Итоговый междисциплинарный экзамен проводится в устной форме, по трём вопросам билета. Время на подготовку – не менее 45 минут. При подготовке к ответу студенты должны сделать необходимые записи по каждому вопросу. В процессе ответа и после его завершения члены экзаменационной комиссии, с разрешения её председателя, могут задать студенту уточняющие и дополнительные вопросы в пределах программы итогового междисциплинарного экзамена.

3. Содержание тем, включенных в итоговый междисциплинарный экзамен

В основу программы Государственного экзамена положены дисциплины образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника:

1. *Физика конденсированного состояния*
(ПК-3)

2. *Нанотехнологии в электронике*
(ПК-1, ПК-5)

3. *Технологии электронной компонентной базы*
(ПК-8)

4. *Основы проектирования электронной компонентной базы*
(ПК-5, ПК-14)

5. *Метрология, стандартизация и сертификация*
(ПК-2, ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-9, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-18)

6. *Основы теории цепей*
(ПК-1, ПК-2, ПК-3)

7. *Материалы и элементы электронной техники*
(ПК-1, ПК-2, ПК-8)

Раздел 1. Физика конденсированного состояния

Энергия связи системы частиц. Типы межатомных связей в твёрдых телах: ионная, ковалентная, металлическая, Ван-дер-Ваальсова и водородная связь. Конденсированное состояние вещества. Геометрия кристаллических решёток и симметрия кристаллов. Решётки Браве. Точечные дефекты в кристаллах, дислокации. Стеклообразное состояние. Закон Гука. Напряжение и деформация в твёрдых телах. Сжатие, растяжение, сдвиг, кручение. Модуль

Юнга. Упругая энергия. Механизмы пластического и хрупкого разрушения твёрдых тел. Теплоёмкость твёрдых тел. Колебания кристаллической решётки. Понятие о фононах. Акустические и оптические колебания цепочки атомов. Статистика электронов в полупроводниках. Электропроводность твёрдых тел. Зонный характер спектра электронов в кристаллах. Собственная и примесная проводимость в полупроводниках. Фотопроводимость полупроводников. Контакт двух полупроводников. Пробой p-n перехода. Выпрямление тока. Диффузия примесей в германий и кремний. Механизмы диффузии. Законы диффузии. Связь коэффициента диффузии и подвижности. Фазовые переходы в конденсированных средах. Особенности кристаллических диэлектриков. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект. Пьезоэлектрики. Сегнетоэлектрики. Пироэлектрики. Основные свойства, области применения. Магнитные свойства вещества. Виды магнетиков. Диа- и парамагнетики. Ферромагнетики. Свойства ферромагнетиков. Природа ферромагнетизма. Антиферромагнетики и ферриты. Сверхпроводимость. Экспериментальные факты. Зависимость сопротивления от температуры. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники первого и второго рода. Техника сверхпроводимости. Практическое применение.

Раздел 2. Нанотехнологии в электронике

Квантовое ограничение. Баллистический транспорт. Туннелирование. Свободные поверхности. Межфазные границы. Единичный квант проводимости. Сверхрешётки. Квантовые колодцы. Структуры металл/диэлектрик/полупроводник. Структуры с расщеплённым затвором. Нанотехнологии. Зондовая микроскопия. Электронно-лучевая литография. Самоорганизация при эпитаксии. Осаждение плёнок Лэнгмюра-Блоджетта. Пористый кремний. Углеродные нанотрубки. Туннелирование через потенциальные барьеры. Приборы на резонансном туннелировании. Использование эффектов магнитосопротивления. Спинтронные приборы.

Раздел 3. Технологии электронной компонентной базы

Состав Электронной компонентной базы для низкочастотных изделий (РЭА) и для изделий СВЧ - диапазона. Конструкторско-технологические решения дискретных конденсаторов. Конструирование и базовая технология изготовления гибридных интегральных схем (ГИС) СВЧ-диапазона, используемые материалы. Подложки для МПП ГИС СВЧ-диапазона (поликоровые, сапфировые, кварцевые, ферритгранатовые). Особенности технологии изготовления тонкоплёночных микрополосковых плат (МПП) с проводниками со структурой на основе меди и со структурой на основе золота. Групповая технология изготовления микрополосковых плат (МПП) на подложках размером 48x60мм, (максимального размера выпускаемого отечественной промышленностью. Порядок выполнения слоёв проводников МПП, их назначение, толщины и методы нанесения. Химическая обработка подложек Термическое вакуумное напыление. Фотолитография. Гальваническое осаждение. Толстоплёночная технология изготовления плат микросборок и ГИС. Платы на основе многослойной низкотемпературной керамики (ЛТСС). Технология ГИС СВЧ с корпусированными полупроводниковыми приборами (их преимущества и недостатки). Особенности технологии ГИС с бескорпусными полупроводниковыми приборами. Технология изготовления МПП ГИС СВЧ – диапазона с отверстиями и углублениями в подложке. Технология углетермического травления поликоровых подложек. Технология монтажа кристаллов полупроводниковых приборов и чип - конденсаторов в углубления в подложке МПП. Технология изготовления резисторов и конденсаторов в составе МПП.

Проволочный внутрисхемный монтаж соединений. Ленточный монтаж. Монтаж с помощью выводных рамок плоских выводов. Технология изготовления выводных рамок плоских (балочных) золотых выводов для внутрисхемных соединений. Микросварка (термокомпрессионная сварка, сварка расщеплённым электродом, ультразвуковая сварка, термозвуковая сварка). Технология встроенных в подложку ГИС систем теплоотвода от тепловыделяющих компонентов. Технология ГИС с двухкристальными составными транзисторами и дополнительными теплоотводами.

Раздел 4. Основы проектирования электронной компонентной базы

Состав электронной компонентной базы низкочастотной и СВЧ РЭА. Основные понятия в проектировании низкочастотных ИМС, транзисторов, конденсаторов. Топология ИМС. Технология производства ИМС.

Проектирование гибридных интегральных схем СВЧ – диапазона. Базовые конструкторско–технологические решения ГИС СВЧ. Проектирование ГИС с корпусированными полупроводниковыми приборами. Особенности проектирования ГИС с бескорпусными полупроводниковыми приборами. Конструкторско-технологическое проектирование дискретных конденсаторов. Проектирование резисторов и конденсаторов в составе топологического рисунка микрополосковой платы (МПП) ГИС СВЧ. Проектирование теплоотводящих систем в составе МПП ГИС для отвода тепла от тепловыделяющих компонентов и элементов схемы. Выбор структуры металлизационных проводников топологического рисунка МПП. Монолитные интегральные схемы СВЧ-диапазона (материалы, особенности технологии и применения). Гибридно-монолитные интегральные схемы (причины возникновения, материалы, особенности технологии, перспективы). Преимущества СВЧ гибридных интегральных схем и их перспективы развития в связи с продвижением в высокочастотную область (КВЧ-диапазон). Проектирование ГИС СВЧ –диапазона с многокристальными составными ПТШ и дополнительными интегральными теплоотводами. Корпусирование модулей и блоков РЭА СВЧ и КВЧ диапазонов.

Раздел 5. Метрология, стандартизация и сертификация

Метрология, основные понятия, виды измерений, погрешности измерений. Средства измерений, их метрологические характеристики, градуировка, калибровка, классы точности. Метрологическое обеспечение (единство измерений, эталоны, поверочные схемы, поверка, калибровка, государственные испытания). Национальная система стандартизации (цели, задачи, правовые основы, категории и виды стандартов). Сертификация (цели, задачи, виды сертификации, правила и порядок проведения сертификации).

1. Метрология (задачи), Международная система единиц физических величин СИ (основные, производные и дополнительные единицы).
2. Средства измерений, их метрологические характеристики (статическая характеристика преобразования, погрешность, неинформативные параметры сигналов, само средство измерений, функции влияния).
3. Виды погрешностей (систематическая, случайная, статическая, динамическая, аддитивная, мультипликативная, основная, дополнительная).
4. Нормирование метрологических характеристик средств измерений для нормальной и рабочей областей эксплуатации.
5. Классы точности и градуировка средств измерений.
6. Калибровка и поверка средств измерений, виды поверок.
7. Единство измерений (принципы, задачи, система обеспечения).
8. Эталоны единиц физических величин (классификация, виды).
9. Стандартизация (определение, цели, задачи).
10. Виды нормативных документов в области стандартизации (национальные стандарты, правила, методические указания и положения, классификаторы, стандарты организаций).
11. Сертификация как вид подтверждения соответствия, добровольная и обязательная сертификация, системы сертификации, знак соответствия).
12. Техническое регулирование, закон о техническом регулировании, технические регламенты.

Раздел 6. Основы теории цепей

Определение электрической цепи. Электрический ток и электрическое напряжение. Модели источников энергии в электрической цепи. Идеальные источники питания. Закон Ома для участка цепи с ЭДС. Законы Кирхгофа. Методы расчета цепи постоянного тока. Преобразование электрических цепей. Принцип суперпозиции. Входная и взаимные

проводимости. Активный и пассивный двухполюсники. Схемы замещения. Передача энергии от активного двухполюсника к пассивному. Теорема об активном двухполюснике. Представление цепей в виде четырёхполюсников. Комплекс синусоидальной величины. Связь (соотношение) между комплексом и синусоидальной величиной. Метод комплексных амплитуд. Эквивалентная расчетная схема. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Векторные диаграммы. Последовательный колебательный контур (резонансные и частотные характеристики). Цепи со взаимной индуктивностью Коэффициент взаимной индукции.

Раздел 7. Материалы и элементы электронной техники

Виды металлических связей, дать характеристику каждому виду. Виды химических связей в композиционных материалах. Дать общую характеристику: магнитным материалам; непроводникам; пассивным и активным диэлектрикам; полупроводникам. Дать определение понятиям: производство, изделие, деталь, сборочная единица. Дать характеристику и привести примеры: конструкционных и неконструкционных материалов; технологичных и нетехнологичных материалов. Сверхпроводимость и условия её возникновения. Деление материалов: по агрегатному состоянию; по строению; по химическому составу. Диаграмма состояния на примере сплава олово-свинец. Оценка химической стойкости материала. Параметры, характеризующие механические свойства материалов. Композиционные материалы, получаемые механическим смешиванием с последующим опрессовыванием и спеканием. Их преимущества и недостатки как конструкционных материалов. Магнитные свойства материалов и их оценка. Методы оценки твердости материалов. Что такое ползучесть? Полимеры ненаполненные и наполненные (примеры). Элементарные стёкла (примеры). Свойства металлических материалов. Связь исходного материала и технологического процесса его переработки в случае металлических и неметаллических материалов. Способы изменения физико-химических свойств материалов: диффузионная металлизация, алитирование, силиконирование, борирование, хромирование. Электрические параметры материалов и их оценка.

4. Рекомендуемая литература

К разделу 1:

1. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 296 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70766>

2. Кузнецов, С.И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния»: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.И. Кузнецов, Н.А. Тимченко. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2011. — 47 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10274>

3. Брандт, Н.Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2010. — 632 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59598>

К разделу 2:

1. Нанотехнологии в электронике-3.1 [Электронный ресурс] : сб. — Электрон. дан. — Москва : Техносфера, 2016. — 480 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/87746>

2. Нанотехнологии в электронике. Выпуск 2 [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Техносфера, 2013. — 688 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76156>

К разделу 3:

1. Рабинович, О.И. Основы технологии электронной компонентной базы. Методы контроля характеристик материалов в технологических процессах получения тонкопленочных материалов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / О.И. Рабинович, Д.Г. Крутогин. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2013. — 42 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/47468>

2. Астахов, В.П. Основы технологии электронной компонентной базы : практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.П. Астахов, С.А. Леготин, К.А. Кузьмина. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2016. — 53 с. — Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/93644>

К разделу 4:

1. Кобрин, Ю.П. Основы проектирования электронных средств [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Ю.П. Кобрин, А.К. Кондаков, В.Г. Козлов. — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2006. — 141 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/11383>
2. Проектирование узлов цифровой электронной техники [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 36 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52331>
3. Шеин, А.Б. Методы проектирования электронных устройств [Электронный ресурс] / А.Б. Шеин, Н.М. Лазарева. — Электрон. дан. — Вологда : "Инфра-Инженерия", 2011. — 455 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65081>

К разделу 5:

- 1) 1 Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Н. Кайнова [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/61361>.
- 2) Веремеевич, А.Н. Метрология, стандартизация и сертификация. Основы взаимозаменяемости. Курс лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2004. — 99 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1852>.
- 3) Крюков, Р.В. Стандартизация, метрология, сертификация. Конспект лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : А-Приор, 2009. — 192 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3125>.
- 4) Байделюк, В.С. Метрология, стандартизация и сертификация: лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.С. Байделюк, Я.С. Гончарова. — Электрон. дан. — Красноярск : СибГТУ, 2012. — 91 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70491>.

К разделу 6:

1. Атабеков, Г.И. Основы теории цепей [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 424 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91911>
2. Бакалов, В.П. Основы теории цепей: Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.П. Бакалов, В.Ф. Дмитриков, Б.И. Крук. — Электрон. дан. — Москва: Горячая линия-Телеком, 2013. — 596 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/11824>

К разделу 7:

1. Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики [Электронный ресурс] : учеб. / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 448 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/67462>
2. Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71735>

5. Критерии оценивания результатов итогового междисциплинарного экзамена.

Описание шкал оценивания степени сформированности элементов компетенций

Шкала 1. Оценка сформированности отдельных элементов компетенций

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции		
Цифр.	Оценка	Знать	Уметь	Владеть
1	Неуд.	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неуд.	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовл.	Общие, но не	В целом успешное, но	В целом успешное, но

		структурированные знания	не систематически осуществляемое умение	не систематическое применение
4	Хор.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отл.	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции
Цифр.	Оценка	
1	Неуд.	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовл. или неуд. (по усмотрению преподавателя)	Знать на уровне ориентирования , представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3	Удовл.	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4	Хор.	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5	Отл.	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины.

6. Требования к выпускной квалификационной работе и порядок ее выполнения

Выпускная квалификационная работа рассматривается как самостоятельная заключительная работа студента, в которой систематизируются, закрепляются и расширяются теоретические знания и практические навыки, полученные при изучении циклов дисциплин, предусмотренных основной образовательной программой.

Выпускная квалификационная работа демонстрирует уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности.

Выпускная квалификационная работа выполняется в виде бакалаврской работы.

Требования и порядок выполнения выпускных квалификационных работ приведены в Положении о выпускной квалификационной работе студентов, обучающихся по образовательным программам подготовки бакалавров СМКО МИРЭА 7.5.1/03.П.67-16.

Рекомендуемые темы выпускных квалификационных работ:

1. Ограничитель мощности на арсениде галлия диапазона частот от 1 до 18 ГГц.
2. Варикап на основе р-п-перехода с неоднородным легированием.
3. Фильтры на ПАВ в гибридно-монокристаллических СВЧ модулях.

4. Твердотельный стабильный генератор с частотной модуляцией для передающего модуля доплеровского измерителя скорости и сноса (ДИСС) летательного аппарата.
5. Монолитно-интегральный резонатор на объемных акустических волнах.
6. Гибридно-монолитный высокостабильный генератор на диэлектрическом резонаторе.
7. Микрополосковый управляемый ступенчатый аттенюатор с однополярным питанием трехсантиметрового диапазона длин волн.
8. Монолитно-интегральный малошумящий усилитель на основе арсенид-галлиевых гетероструктур с коэффициентом шума до 1 дБ в диапазоне частот 1-4 ГГц.
9. Гибридная интегральная схема сверхвысокочастотного диапазона выходного каскада усилителя мощности.
10. Твердотельный четырехканальный усилитель СВЧ мощности X-диапазона частот.
11. Твердотельный генератор с частотной модуляцией и повышенным уровнем входной мощности.
12. Диодный генератор миллиметрового диапазона длин волн.
13. Электрически управляемый аттенюатор на p-i-n диодах.
14. Генератор, управляемый напряжением на полевом СВЧ транзисторе.
15. Ферритовое волноводное развязывающее устройство на основе Y-циркулятора двухсантиметрового диапазона длин волн высокого уровня мощности.
16. Малошумящий генератор на биполярном СВЧ транзисторе.
17. Кремниевые ограничительные диоды для применения в качестве активных элементов в пассивных ограничителях мощности СВЧ миллиметрового диапазона длин волн.

7. Критерии оценки результатов защиты выпускных квалификационных работ

Окончательная оценка выпускной квалификационной работы производится государственной экзаменационной комиссией по пятибалльной системе на основании доклада студента, ответов на вопросы и отзыва рецензента. Каждый член комиссии выставляет каждому студенту оценки по докладу и ответам на вопросы, затем они суммируются с оценкой рецензента, и выводится среднее, которое и представляет собой окончательную оценку, полученную студентом на защите выпускной работы.

В случае получения неудовлетворительной оценки при защите выпускной квалификационной работы бакалавра повторная защита проводится в соответствии Положением о порядке проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры. СМК МИРЭА 7.5.1/03.П.30-16.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«МИРЭА - Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино



«УТВЕРЖДЕНО»

Директор

Филиала

Л.А. Макарова

Вопросы

итогового междисциплинарного экзамена
по направлению подготовки бакалавра

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Фрязино 2018

Раздел 1. Физика конденсированного состояния

1. Энергия связи системы частиц. Типы межатомных связей в твёрдых телах: ионная, ковалентная, металлическая, Ван-дер-Ваальсова и водородная связь. Конденсированное состояние вещества.
2. Геометрия кристаллических решёток и симметрия кристаллов. Решётки Браве. Точечные дефекты в кристаллах, дислокации. Стеклообразное состояние.
3. Закон Гука для деформируемого твёрдого тела. Напряжение и деформация в твёрдых телах. Сжатие, растяжение, сдвиг, кручение. Модуль Юнга. Упругая энергия. Механизмы пластического и хрупкого разрушения твёрдых тел.
4. Теплоёмкость твёрдых тел. Колебания кристаллической решётки. Понятие о фононах. Акустические и оптические колебания цепочки атомов.
5. Статистика электронов в полупроводниках. Электропроводность твёрдого тела. Собственная и примесная проводимость в полупроводниках. Зонный характер спектра электронов в кристаллах.
6. Контакт двух полупроводников. Энергетическая диаграмма электронно-дырочного перехода при наложении внешнего поля. Выпрямляющее действие р - n перехода и его свойства. Пробой р-n перехода. Выпрямление тока.
7. Диффузия примесей в германий и кремний. Механизмы диффузии. Законы диффузии. Связь коэффициента диффузии и подвижности.
8. Зонные диаграммы физически неоднородных структур. Работа выхода. Свойства перехода и эффекты при контакте двух металлов.
9. Поглощение и испускание света полупроводниками. Фотопроводимость полупроводников. Фотоэлектрические эффекты. Фото-э.д.с.
10. Особенности кристаллических диэлектриков. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект. Пьезоэлектрики. Сегнетоэлектрики. Пирозэлектрики. Основные свойства, области применения.
11. Магнитные свойства вещества. Виды магнетиков. Диа- и парамагнетики. Ферромагнетики. Свойства ферромагнетиков. Природа ферромагнетизма. Антиферромагнетики и ферриты. Физика сверхпроводимости.
12. Сверхпроводимость. Экспериментальные факты. Зависимость сопротивления от температуры. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники первого и второго рода. Техника сверхпроводимости. Практическое применение.

Раздел 2. Нанотехнологии в электронике

1. Фундаментальные явления наноэлектроники. Квантовое ограничение.
2. Фундаментальные явления наноэлектроники. Баллистический транспорт.
3. Фундаментальные явления наноэлектроники. Туннелирование.
4. Элементы низкоразмерных структур. Свободные поверхности и межфазные границы. Сверхрешётки.
5. Структуры с квантовым ограничением внутренним электрическим полем. Квантовые колодцы.
6. Зондовая микроскопия.
7. Электронно-лучевая литография.
8. Атомная силовая микроскопия.
9. Нанотехнология. Размерный эффект плавления.
10. Углеродные нанотрубки.
11. Фуллерены.
12. Использование эффектов магнитосопротивления. Спинтронные приборы.

Раздел 3. Технологии электронной компонентной базы

1. Состав электронной компонентной базы изделий СВЧ-диапазона.
2. Конструирование и базовая технология изготовления гибридных интегральных схем (ГИС) СВЧ-диапазона, используемые материалы.

3. Подложки для МПП ГИС СВЧ-диапазона (поликорковые, сапфировые, кварцевые, феритгранатовые).
4. Особенности технологии изготовления тонкоплёночных микрополосковых плат (МПП) с проводниками со структурой на основе меди и со структурой на основе золота
5. Технология изготовления микрополосковых плат ГИС СВЧ с заземляющими отверстиями и углублениями в подложке.
6. Групповая технология изготовления микрополосковых плат (МПП) на подложках размером 48x60мм, (максимального размера выпускаемого отечественной промышленностью). Унификация типоразмеров МПП и схем расположения топологий МПП на групповой подложке.
7. Порядок выполнения слоёв проводников МПП, их назначение, толщины и методы нанесения.
8. Технология изготовления резисторов и конденсаторов в составе МПП.
9. Технология монтажа кристаллов полупроводниковых приборов и чип - конденсаторов в углубления в подложке МПП.
10. Технология изготовления выводных рамок плоских (балочных) золотых выводов для внутрисхемных соединений.
11. Технология встроенных в подложку ГИС систем теплоотвода от тепловыделяющих компонентов
12. Технология ГИС с двухкристалльными составными транзисторами и дополнительными теплоотводами.

Раздел 4. Основы проектирования электронной компонентной базы

1. Проектирование гибридных интегральных схем СВЧ – диапазона.
2. Базовые конструкторско–технологические решения ГИС СВЧ.
3. Проектирование ГИС с корпусированными полупроводниковыми приборами.
4. Особенности проектирования ГИС с бескорпусными полупроводниковыми приборами. Повышение требований по герметичности корпусов и термостабилизации металлизации проводников топологического рисунка МПП.
5. Конструкторско-технологическое проектирование дискретных конденсаторов.
6. Проектирование резисторов и конденсаторов в составе топологического рисунка микрополосковой платы (МПП) ГИС СВЧ.
7. Проектирование теплоотводящих систем в составе МПП ГИС для отвода тепла от тепловыделяющих компонентов и элементов схемы.
8. Выбор структуры металлизационных проводников топологического рисунка МПП в зависимости от необходимости термостойкости проводников МПП.
9. Монолитные интегральные схемы СВЧ-диапазона (материалы, особенности технологии и применения).
10. Преимущества СВЧ гибридных интегральных схем и их перспективы развития в связи с продвижением в высокочастотную область (КВЧ-диапазон).
11. Проектирование ГИС СВЧ –диапазона с многокристалльными составными ПТШ и дополнительными интегральными теплоотводами.
12. Необходимость корпусирования модулей и блоков РЭА СВЧ и КВЧ диапазонов.

Раздел 5. Метрология, стандартизация и сертификация

1. Метрология (задачи), Международная система единиц физических величин СИ (основные, производные и дополнительные единицы).
2. Средства измерений, их метрологические характеристики (статическая характеристика преобразования, погрешность, неинформативные параметры сигналов, само средство измерений, функции влияния).
3. Виды погрешностей (систематическая, случайная, статическая, динамическая, аддитивная, мультипликативная, основная, дополнительная).
4. Нормирование метрологических характеристик средств измерений для нормальной и рабочей областей эксплуатации.

5. Классы точности и градуировка средств измерений.
6. Калибровка и поверка средств измерений, виды поверок.
7. Единство измерений (принципы, задачи, система обеспечения).
8. Эталоны единиц физических величин (классификация, виды).
9. Стандартизация (определение, цели, задачи).
10. Виды нормативных документов в области стандартизации (национальные стандарты, правила, методические указания и положения, классификаторы, стандарты организаций).
11. Сертификация как вид подтверждения соответствия, добровольная и обязательная сертификация, системы сертификации, знак соответствия).
12. Техническое регулирование, закон о техническом регулировании, технические регламенты.

Раздел 6. Основы теории цепей

1. Закон Ома для участка цепи с ЭДС.
2. Законы Кирхгофа (формулировка для цепи постоянного тока и правила записи для разветвленной цепи).
3. Из каких соображений выбирается метод расчета конкретной электрической цепи? Привести примеры.
4. Метод двух узлов.
5. Представление цепей в виде двухполюсников. Теорема об активном двухполюснике. Передача энергии от активного двухполюсника к пассивному.
6. Комплекс синусоидальной величины. Связь (соотношение) между комплексом и синусоидальной величиной.
7. Метод комплексных амплитуд. Сущность и содержание.
9. Эквивалентная расчетная схема (построение и анализ).
10. Векторные диаграммы цепи синусоидального тока (определение и правила построения).
11. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.
12. Входная и взаимные проводимости.
13. Принцип суперпозиции для линейной электрической цепи.

Раздел 7. Материалы и элементы электронной техники.

1. Виды металлических связей. Дать характеристику каждому виду.
2. Виды химических связей в композиционных материалах.
3. Дать общую характеристику магнитным материалам.
4. Дать общую характеристику непроводникам. Пассивные и активные диэлектрики.
5. Дать общую характеристику полупроводникам.
6. Дать определение понятиям: производство, изделие, деталь, сборочная единица.
7. Дать характеристику и привести примеры конструкционных и неконструкционных материалов.
8. Дать характеристику и привести примеры технологичных и нетехнологичных материалов.
9. Дать характеристику сверхпроводимости. Какие материалы и при каких условиях приобретают это свойство?
10. Деление материалов по агрегатному состоянию. Дать характеристику каждому состоянию. Привести примеры.
11. Деление материалов по строению. Привести примеры. Что такое анизотропия?
12. Деление материалов по химическому составу.
13. Диаграмма состояния на примере сплава олово-свинец.
14. Как оценивается химическая стойкость материала?
15. Какие параметры характеризуют механические свойства материалов?
16. Композиционные материалы, получаемые механическим смешиванием с последующим опрессовыванием и спеканием. Их преимущества и недостатки как конструкционных материалов.
17. Магнитные свойства материалов и их оценка.
18. Методы оценки твердости материалов. Что такое ползучесть?

19. Полимеры ненаполненные и наполненные. Привести примеры.
20. Привести примеры элементарных стекол.
21. Свойства металлических материалов.
22. Связь исходного материала и технологического процесса его переработки в случае металлических материалов.
23. Связь исходного материала и технологического процесса его переработки в случае неметаллических материалов.
24. Способы изменения физико-химических свойств материалов: диффузионная металлизация, алитирование, силиконирование, борирование, хромирование.
25. Электрические параметры материалов и их оценка.

Заведующий кафедрой №137

А.А. Борисов

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ТЕСТ

Направление подготовки 11.03.04

Электроника и наноэлектроника

Проверяется компетенция ПК-1 (способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования).

Вопрос № 1. (Дисциплина «Нанотехнологии в электронике») Сделайте оценку характера зависимости изменения доли поверхностных атомов сферической наночастицы при уменьшении ее радиуса:

- А. От радиуса не зависит.
- В. Пропорциональна радиусу.
- С. Обратна пропорциональна радиусу.

Объясните свой выбор.

Ответ: С. Общее число атомов наночастицы пропорционально ее объему $\frac{4}{3}\pi r^3$; число поверхностных атомов пропорционально площади поверхности $4\pi r^2$; доля поверхностных атомов составит $\frac{3}{r}$.

Вопрос № 2. (Дисциплина «Основы проектирования электронной компонентной базы») Как улучшить электрические характеристики балансного малошумящего усилителя? Укажите одну лишнюю позицию в приведённом ниже перечне:

- А. Изготовление балансного малошумящего усилителя СВЧ – диапазона с проволочными внутрисхемными соединениями.
- В. Изготовление балансного малошумящего усилителя с плоскими золотыми балочными выводами.
- С. Изготовление балансного малошумящего усилителя с плоскими внутрисхемными соединениями, с двумя кристаллами монолитной интегральной схемы в состав которой входит транзистор, два тонкоплёночных конденсатора и два плёночных резистора.

Объясните свой выбор.

Ответ: А. Результаты компьютерного моделирования различных вариантов балансного малошумящего усилителя показали преимущества вариантов В и С по электрическим характеристикам.

Проверяется компетенция ПК-2 (способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения).

Вопрос № 3. (Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация») Что необходимо для разработки методики эксперимента?

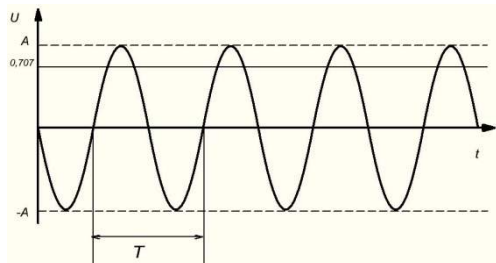
- А. Предварительные данные и условия эксперимента.
- В. Средства измерений и их метрологическое обеспечение.
- С. Разрешение метрологической службы предприятия на разработку методики.

Объясните свой выбор.

Ответ: А и В. Методика - совокупность операций для достижения цели исследования. При разработке методики необходимо: предварительное наблюдение над объектом для

определения исходных данных, условий эксперимента, устранения случайных факторов, кратность измерений, их регистрация, обработка и анализ. выбор средств измерений, их метрологическое обеспечение и сопровождение. Далее составляется перечень средств измерений, объем материалов, список исполнителей, календарный план и смета расходов.

Вопрос № 4. (Дисциплина «Основы теории цепей») На графике изображен синусоидальный сигнал. Что такое T ?



- А. Угловая частота;
- В. Период колебания;
- С. Время;
- Д. Амплитуда.

Объясните свой выбор.

Ответ: В. Синусоидальные сигналы $U(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$, где A — амплитуда, $\omega = 2\pi f$ — угловая частота (где $f = \frac{1}{T}$, T — период колебаний), φ — начальная фаза, с достаточной точностью описывают процессы в линейных цепях.

Вопрос № 5. (Дисциплина «Технологии электронной компонентной базы») Какие методы подстройки плёночных резисторов микрополосковых плат гибридных интегральных схем являются наиболее эффективными?

Укажите одну лишнюю позицию в приведённом ниже перечне:

- А. Механическое удаление части плёночного резистора иглой или заточенным надфилем.
- В. Метод электрохимического оксидирования поверхности резистивной плёнки.
- С. Метод испарения части резистивной плёнки лазером.

Объясните свой выбор.

Ответ: А. А- лишняя позиция. Метод механического удаления части плёночного резистора не обеспечивает достаточной точности, обладает большой трудоёмкостью, хотя и не требует специального оборудования. Метод (В) - электрохимического оксидирования поверхности резистивной плёнки прост и не требует сложного дорогостоящего оборудования. Он позволяет с высокой точностью менять номинал резистора за счёт уменьшения сечение резистивной плёнки путём окисления поверхности плёнки при пропускании слабого электрического импульса через каплю слабого электролита, помещенную на поверхности плёнки резистора. Метод (С) - испарения части резистивной плёнки лазером также обладает высокой точностью подстройки номинала резистора и высокой производительностью, хотя и требует наличия специальной установки лазерной подгонки резисторов. Выбранные методы рекомендованы СТП ТС0.010.013-2004 и РД110751-90 «Модули СВЧ интегральные. Требования к конструированию микрополосковых плат».

Вопрос № 6. (Дисциплина «Нанотехнологии в электронике») Требуется измерить эмиссионные свойства многослойных углеродных нанотрубок (УНТ).

- А. Следует взять отдельную УНТ; сориентировать ее определенным образом; измерить эмитирующую площадь УНТ; измерить эмитируемый ток; вычислить отношение тока к площади.
- В. Выяснить по справочнику.

С. Вырастить на подложке ориентированные нормально к поверхности УНТ; измерить плотность УНТ на ед. поверхности подложки; измерить эмитирующую площадь отдельной УНТ; измерить общий ток и привести результат к плотности тока с одной УНТ; эксперимент повторить многократно.

Объясните свой выбор.

Ответ: С. Из-за отсутствия надежных способов манипуляций с отдельными наночастицами.

Вопрос № 7. (Дисциплина «Основы проектирования электронной компонентной базы») В чём преимущество реализации эффективной методики исследования электрических характеристик гибридных интегральных схем с конденсаторами в составе микрополосковой платы?

Укажите одну лишнюю позицию в приведённом ниже перечне:

А. Методика исследования электрических характеристик гибридных интегральных схем с чип-конденсаторами.

В. Методика исследования электрических характеристик гибридных интегральных схем с конденсаторами в составе микрополосковой платы и с диэлектриком из материала подложки.

С. Методика исследования электрических характеристик гибридных интегральных схем с конденсаторами в составе микрополосковой платы на металлических вставках в подложку платы.

Объясните свой выбор.

Ответ: А. А- лишняя позиция. Методика (А) предусматривает гарантию параметров чип – конденсаторов изготовителя (поставщика) и не предусматривает их подстройку у потребителя. В отличие от методики (А), методика (В и С) исследования электрических характеристик гибридных интегральных схем с конденсаторами в составе микрополосковой платы и с диэлектриком из материала подложки предусматривает только подстройку части схемы с конденсаторами в составе неё. При этом подстройка ведётся за счёт изменения площади обкладок конденсаторов на фоне измерения параметров всей схемы. Это позволяет улучшить электрические характеристики схемы и точность подстройки параметров схемы.

Проверяется компетенция ПК-3 (готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций).

Вопрос № 8. (дисциплина «Физика конденсированного состояния») Если в кристалл Si с собственной проводимостью ввели примесь Р (глубина уровня относительно ближайшей разрешенной зоны 0.043 эВ), то какой тип проводимости приобретет образец при комнатной температуре?

А. Проводимость р-типа.

В. Проводимость n-типа.

С. Проводимость образца не изменится.

Объясните свой выбор.

Ответ: В. При $T = 300$ К тепловая энергия составляет 0.026 эВ. Следовательно, значительная часть примеси будет. Поскольку Р элемент пятой группы, то в Si он будет донором, и при ионизации в кристалле атом Р отдает электроны. Следовательно, проводимость будет n-типа.

Проверяется компетенция ПК-4 (способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов).

Вопрос № 9. (Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация») Кто проводит технико-экономическое обоснование проекта?

А. Разработчик.

В. Заказчик.

С. Эксперты.

Ответ: А. Техничко-экономическое обоснование (ТЭО) проекта проводит разработчик, так как ТЭО – это документ, где представлена информация о целесообразности создания продукта (изделия), дается анализ затрат и результатов проекта. Пункты ТЭО проекта должны предусматривать технологический процесс, требования к производственной инфраструктуре, оборудованию, оснастке, персоналу, трудозатраты, себестоимость, сроки завершения проекта, экономическая эффективность, экологические воздействия.

Проверяется компетенция ПК-5 (готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования)

Вопрос № 10. (Дисциплина «Основы проектирования электронной компонентной базы») Как улучшить электрические характеристики гибридной интегральной схемы выходного каскада усилителя мощности? Укажите одну лишнюю позицию в приведённом ниже перечне:

А. Применить стандартную конструкцию одноярусного расположения кристаллов СВЧ транзисторов и проволочными внутрисхемными соединениями.

В. Применить в качестве внутрисхемных соединений плоские балочные золотые соединения, выполненные в виде выводных рамок.

С. Применить для проектирования гибридной интегральной схемы выходного каскада двухкристальные составные СВЧ транзисторы с дополнительным интегральным теплоотводом.

Объясните свой выбор.

Ответ: А. А - лишняя позиция. Применение вариантов (В) и в особенности (С) позволяет значительно улучшить характеристики схемы и всего усилителя мощности.

Проверяется компетенция ПК-6 (способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы).

Вопрос № 11. (Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация») Какие позиции относятся к стадиям разработки рабочей конструкторской документации (КД)?

А. Разработка КД опытного образца (опытной партии) изделия.

В. Разработка КД на изделие серийного (массового) производства.

С. Разработка технического проекта.

Д. Разработка КД на изделие единичного производства.

Объясните свой выбор.

Ответ А, В, Д. К стадиям разработки рабочей конструкторской документации в соответствии с ЕСКД (ГОСТ 2.103-2013) относятся: разработка КД опытного образца (опытной партии) изделия; разработка КД на изделие серийного (массового) производства; разработка КД на изделие единичного производства. Разработка технического проекта относится к стадиям разработки проектной конструкторской документации.

Проверяется компетенция ПК-8 (способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники).

Вопрос № 12. (Дисциплина «Технологии электронной компонентной базы») В чём состоят преимущества групповой технологии изготовления микрополосковых плат гибридных интегральных схем СВЧ – диапазона на подложках единого размера, максимального

выпускаемого отечественной промышленностью (48x60мм), для технологической подготовки производства? Укажите одну лишнюю позицию в приведённом ниже перечне:

- А. Технология изготовления микрополосковых плат на подложках размером, приближенным к размеру изготавливаемых плат (12x15;15x24мм;24x30мм;30x48мм). Для каждого размера подложек на большинстве операций требуется своя оснастка. Высокая трудоёмкость изготовления плат, так как на подложках при изготовлении плат наносится малое количество топологий плат и высокий расход химических реактивов из-за необходимости обработки большого количества подложек.
- В. Технология изготовления микрополосковых плат на подложках размером менее 48x60мм групповым методом частично решает проблемы и устраняет недостатки предыдущего метода(А).
- С. Технология группового изготовления микрополосковых плат гибридных интегральных схем СВЧ – диапазона на подложках единого размера, максимального выпускаемого отечественной промышленностью (48x60мм), с унифицированным рядом типоразмеров плат и максимально плотным их расположением в центре подложки.

Объясните свой выбор.

Ответ: А. А - лишняя позиция. Поскольку переход на групповые методы изготовления (В, С) значительно снижает трудоемкость изготовления плат, снижает номенклатуру оснастки и снижает расход химических реактивов, он, крайне важен, для технологической подготовки производства.

Проверяется компетенция ПК-13 (способность налаживать, испытывать, проверять работоспособность измерительного, диагностического, технологического оборудования, используемого для решения различных научно-технических, технологических и производственных задач в области электроники и наноэлектроники).

Вопрос № 13. (Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация») Какая техническая документация необходима для проверки измерительного оборудования?

- А. Техническая литература.
- В. Технический паспорт.
- С. Техническое руководство.

Обоснуйте свой выбор.

Ответ: С. Только в техническом руководстве изложены вся методическая база проведения измерений, возможности и требования к проведению измерений.

Наладка, испытания, проверка работоспособности, измерительного, диагностического, технологического оборудования для решения различных задач в области электроники и наноэлектроники осуществляется по технической документации на это оборудование с учетом требований технического паспорта, технического руководства или технической литературы для этого оборудования.

Проверяется компетенция ПК-14 (готовность к участию в монтаже, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов материалов и изделий электронной техники).

Вопрос № 14. (Дисциплина «Основы проектирования электронной компонентной базы») В чём состоит особенность монтажа кристаллов полупроводниковых приборов в углубления, выполненные в поверхности подложки гибридной интегральной схемы?

Укажите одну лишнюю позицию в приведённом ниже перечне:

- А. Стандартна технология монтажа кристаллов полупроводниковых приборов на поверхность платы приклеиванием или пайкой.

В. Технология ручной посадки кристаллов полупроводниковых приборов при помощи пинцета в углубление и закрепление с помощью предварительно размещённого в углублении клея или припоя.

С. Технология автоматизированной посадки кристаллов полупроводниковых приборов при помощи установки посадки кристаллов и специального инструмента с упорами в углубление и закрепление с помощью предварительно размещённого в углублении клея или припоя.

Объясните свой выбор.

Ответ: *А.* А - лишняя позиция. Поскольку стандартная технология не позволяет производить монтаж кристаллов полупроводниковых приборов в углубления. Применение технологии монтажа с применением специального инструмента с упорами в поверхность подложки позволяет выровнять поверхность кристалла и платы, что повышает качество схемы и облегчает присоединение выводов к кристаллам, расположенным в углублении.