	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный технологический университет»
	Программа вступительных испытаний
	Высшее образование – программы магистратуры

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ВО «ПГТУ»
_____И.В. Петухов
"29" 10 2025 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ПРИЕМА НА НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ

11.04.04 «ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»

Рассмотрено на заседании экзаменационной комиссии по приему на направление подготовки магистров 11.04.04 «ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»

протокол № 1 от 29.10.2025 г.

2025

	Должность	*Фамилия И.О. / Подпись*	*Дата*
Разработал	*Председатель экзаменационной комиссии по приему на направление подготовки магистров 11.04.04 «ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»*	*Дедов А.Н.*	29.10.25
Согласовано	*Первый проректор*	*Роженцов А.А. /*	29.10.25
Действует до момента переутверждения			

Переутверждена			
		Фамилия И.О. / Подпись	***Дата***
Утверждено	*Председатель экзаменационной комиссии по приему на направление подготовки магистров 11.04.04 «ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»*		
Согласовано	*Первый проректор*		
Переутверждена			
		Фамилия И.О. / Подпись	***Дата***
Утверждено	*Председатель экзаменационной комиссии по приему на направление подготовки магистров 11.04.04 «ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»*		
Согласовано	*Первый проректор*		
Переутверждена			
		Фамилия И.О. / Подпись	***Дата***
Утверждено	*Председатель экзаменационной комиссии по приему на направление подготовки магистров 11.04.04 «ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»*		
Согласовано	*Первый проректор*		
Действует до момента переутверждения			

Председатель:

канд.техн.наук	декан	РТФ	_____ / А.Н. Дедов /
(уч. степень)	*(должность)*	*(кафедра)*	*(подпись)*

Члены:

канд.техн.наук	зав. кафедрой	КиПР	_____ / Д.Е. Шашин/
(уч. степень)	*(должность)*	*(кафедра)*	*(подпись)*
доктор физ.-мат. наук	профессор	КиПР	_____ / И.И. Попов /
(уч. степень)	*(должность)*	*(кафедра)*	*(подпись)*
канд.техн.наук	зав. кафедрой	ПиПЭВС	_____/Т.С. Буканова/
(уч. степень)	*(должность)*	*(кафедра)*	*(подпись)*

РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании методической комиссии Радиотехнического факультета «___»_____ 2025 г.
(наименование факультета) *(число)* *(месяц)*

Председатель методической комиссии РТФ , _____ _____ / А.Н. Дедов /
(факультет) *(должность)* *(подпись)*

СОГЛАСОВАНО:

Директор департамента ОД _____/Т.А. Конюхова/
(должность) *(подпись)*

ВВЕДЕНИЕ

Прием в магистратуру на направление 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» радиотехнического факультета осуществляется на конкурсной основе по результатам вступительных испытаний. Вступительные испытания проводятся в форме письменного экзамена.

Программа содержит перечень основных тем, рекомендуемых для подготовки к вступительным испытаниям по следующим дисциплинам:

физические основы электроники, наноэлектроника, материалы электронной техники, методы исследования материалов и процессов микро- и наноэлектроники, функциональная электроника, основы технологии ЭКБ, надежность электронных приборов, проектирование гибридных интегральных микросхем, конструирование и технология электронных средств, поверхностный монтаж, основы нанотехнологии, оптоэлектроника, основы лучевых и плазменных технологий, технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники, специальные технологии наноэлектронного приборостроения, основы теории планирования эксперимента, проектирование электронной компонентной базы, фотовольтаика и наноплазмоника.

Перечень дисциплин соответствует учебному плану основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

В программе представлены демонстрационный вариант экзаменационного билета, система оценки экзаменационных работ.

I. ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНАМ, РЕКОМЕНДОВАННЫМ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНЫМ ИСПЫТАНИЯМ

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Раздел 1. Физические начала, лежащие в основе физики полупроводников

1. Структура и свойства твердых тел.
2. Физические основы квантовой механики.
3. Элементы статистической физики.
4. Элементы зонной теории твердых тел.

Раздел № 2 физические основы работы полупроводниковых приборов

5 Электропроводность твердых тел

1. Равновесные и неравновесные носители заряда.
2. Контактные явления.

Раздел № 3 физические основы работы тонкопленочных приборов

1. Поверхностные явления в ПП.
2. Перспективы микроэлектронки.

Список литературы

1. Игумнов, Владимир Николаевич. Физические основы микроэлектроники [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по направлению подгот. "Проектирование и технология электрон. средств" : регистрацион. номер рецензии 389 от 30.06.09, МГУП] / В. Н. Игумнов. Изд. 2-е, перераб. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. - 295 с. ISBN 978-5-8158-0779-2.

2. Игнатов, А. Н. Классическая электроника и наноэлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Игнатов, Н. Е. Фадеева, В. Л. Савиных, В. Я. Вайспапир, С. В. Воробьева. 3-е изд. Москва: ФЛИНТА, 2017. - 728 с. ISBN 978-5-9765-0263-5.

2. НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Раздел 1. Теоретические основы наноэлектроники

1. Основные положения квантовой механики, используемые в наноэлектронике
2. Физические свойства наноструктур и наноструктурированных материалов

Раздел 2. Нанотранзисторы

1. Кремниевые нанотранзисторы
2. Гетеротранзисторы
3. Полевые нанотранзисторы
4. Транзисторы на основе нанотрубок

Раздел 3. Одноэлектроника

1. Физические основы одноэлектроники
2. Конструкции одноэлектронных транзисторов

Раздел 4. Спинтроника

1. Физические основы спинтроники, материалы спинтроники
2. Конструкции спинтронных приборов

Раздел 5. Квантовый компьютер

1. Принципы квантовых вычислений
2. Элементная база квантовых компьютеров
3. Требования к квантовым компьютерам
4. Конструкции квантовых компьютеров

Список литературы

1. Щука, Александр Александрович. Наноэлектроника [Текст] : учебное пособие : по направлению подготовки "Прикладные математика и физика" / А. А. Щука; под редакцией А. С. Сигова. 4-е изд. Москва: Лаборатория знаний, 2019. - 342 с. ISBN 978-5-00101-156-9. Экземпляры: всего 15.

2. Игнатов, А. Н. Микросхемотехника и наноэлектроника [Электронный ресурс] / Игнатов А. Н. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 528 с. ISBN 978-5-8114-1161-0.

3. МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Раздел 1. Проводниковые материалы

Физическая природа электропроводности металлов. Температурная зависимость удельного сопротивления металлов. Влияние структурных дефектов на удельное сопротивление металлов. Электропроводность металлов в тонких слоях. Контактная разность потенциалов, термо-ЭДС и термопары. Металлы высокой проводимости. Металлы с повышенным удельным сопротивлением.

Раздел 2. Полупроводниковые материалы

Собственные и примесные полупроводники, их энергетические диаграммы. Температурная зависимость проводимости полупроводников. Рекомбинация неравновесных носителей заряда в полупроводниках. Электропроводность полупроводников в сильном электрическом поле. Основные свойства германия и кремния, особенности технологии и область применения. Полупроводниковые химические соединения

Раздел 3. Диэлектрические материалы

Поляризация, виды поляризации диэлектриков. Электропроводность диэлектриков. Диэлектрические потери. Пробой диэлектриков. Пассивные диэлектрики. Основные методы исследования диэлектриков и определения их параметров

Раздел 4. Магнитные материалы

Классификация веществ по отношению к магнитному полю. Физическая природа ферромагнетизма. Намагничивание ферромагнетика. Потери энергии в ферромагнетиках. Магнитотвердые и магнитомягкие материалы. Ферриты

Раздел 5. Радиокомпоненты

Пассивные дискретные компоненты. Фильтры. Устройства задержки электрических сигналов. Трансформаторы и дроссели. Коммутационные устройства и электрические соединители.

Список литературы

1. Сапунов, С. В. Материаловедение [Электронный ресурс] / Сапунов С.В. 2-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 208 с. ISBN 978-5-8114-1793-3.
2. Дудкин, А. Н. Электротехническое материаловедение [Текст] / Дудкин А. Н., Ким В. С. 5-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 200 с. с. ISBN 978-5-8114-5296-5.

4. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПРОЦЕССОВ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Раздел 1. Методы микроскопии

1. 3-D конфокальная сканирующая оптическая микроскопия.
2. Оптическая микроскопия ближнего поля.
3. Сканирующая зондовая микроскопия

Раздел 2. Методы спектроскопии

1. ИК-спектроскопия.
2. Атомно-абсорбционная спектроскопия.

Список литературы

1. Бёккер, Юрген. Спектроскопия [Текст] : [монография] / Ю. Бёккер ; пер. с нем. Л. Н. Казанцевой под ред. А. А. Пупышева, М. В. Поляковой. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2009. - 527 с. ISBN 978-5-94836-220-5.

2. Пантелеев, В. Г. Компьютерная микроскопия [Текст] / В. Г. Пантелеев, О. В. Егорова, Е. И. Клыкова. М.: Техносфера, 2005. - 303 с. ISBN 5-94836-025-3.

3. Наноструктурные материалы [Текст] / под ред. Р. Ханнинка, А. Хилл ; пер. с англ. А. А. Шустикова под ред. Н. И. Бауровой. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2009. - 487 с. ISBN 978-5-94836-221-2

5. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Раздел 1. Функциональная акустоэлектроника

1. Физические основы акустоэлектроники. Виды акустических волн. ВШП. Материалы звукопровода.

2. Приборы функциональной акустоэлектроники: ЛЗ, фильтры, генераторы.

Раздел 2. Функциональная диэлектрическая электроника

1. Физические основы диэлектрической электроники. Динамическая неоднородность (флуктоны, фазоны, пооляритоны, экситоны). Континуальная среда (сегнетоэлектрики, пироэлектрики, магнитоэлектрики идр.)

2. Приборы и устройства функциональной диэлектрической электроники (память, процессоры типа ФЕРПИК).

Раздел 3. Функциональная полупроводниковая электроника

1. Физические основы полупроводниковой электроники. ДН (зарядовые пакеты, ОДС, ОДП, домены Ганна, ВПЗ, геликоны, плазмоны, поляроны, экситоны). Континуальная среда (п/п с нелинейными оптическими, магнитными, пъезоэлектрическими и др. свойствами.) Генераторы, детекторы и устройства управления зарядовыми пакетами.

2. Приборы и устройства функциональной полупроводниковой электроники. Аналоговые (ЛЗ, фильтры, корреляторы, устройства ФПЗС) и цифровые (логические и, или, устройства дифференцирования, умножения, мультиплексирования сигналов, запоминающие устройства) Приборы на ВПЗ. Ганновские приборы.

Раздел 4. Функциональная магнетоэлектроника

1. Физические основы магнитоэлектроники. ДН (ЦМД, доменные границы, волны). Континуальная среда (ферриты), Генераторы, детекторы, устройства управления на ЦМД.

2. Приборы и устройства функциональной магнетоэлектроники (процессоры на ЦМД, МСВ, серродин, запоминающие устройства на ЦМД)

Раздел 5. Оптоэлетроника

1. Физические основы оптоэлектроники ДН (солитоны, фотонное эхо). Континуальная среда (пассивные и активные оптические среды) Генераторы, детекторы устройства управления ДН оптической природы (светодиоды, лазеры, фотодиоды, фоторезисторы)

2. Приборы и устройства функциональной оптоэлектронки. резонатор Фабри-Перо, трансфазор, Логические элементы. Запоминающие устройства на фотонном эхо.

Список литературы

1. Щука, Александр Александрович. Функциональная электроника [Текст] : Учебник для студ-ов вузов,обуч.спец."Микроэлектроника и полупроводниковые приборы" / Щука, Александр Александрович. М.: Моск. гос. ин-т радиотехники, электроники и автоматики (техн. ун-т), 1998. - 259 с. ISBN 5-7339-0166-7.

6. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Раздел 1. Использование современных достижений физики и химии в технологии производства ЭС

1. Электронные пучки, ионные в технологии производства ЭС.
2. Ионные пучки в технологии производства ЭС.
3. Лазерные, фотонные пучки, рентгеновское излучение в технологии производства ЭС.

Раздел 2. Вакуумные методы получения пленок

1. Физико-химические основы зарождения и роста новой фазы в виде тонких пленок в технологических процессах.
2. Методы термического испарения в вакууме.
3. Методы ионного распыления.
4. Метод магнетронного распыления.

Раздел 3. Физико-химические основы эпитаксиальных процессов

1. Молекулярно-лучевая эпитаксия.

Раздел 4. Закономерности и механизмы диффузии и ионной имплантации примесей в полупроводниковых материалах и структурах

1. Термическая диффузия.
2. Ионная имплантация.

Раздел 5. Физико-химические и физические основы микролитографии

1. Фотолитография.

Список литературы

2. Ю.В.Панфилов. Электронные, ионные и плазменные технологии. Москва.МГТУ им.Н.Э.Баумана.2009.

7. НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Раздел 1. Обработка статистических данных при оценке надежности электронных средств.

Виды отказов ЭС. Распределение отказов ЭС на этапах жизненного цикла. Обработка статистических данных при оценке надежности ЭС (числовые характеристики случайных величин, статистический ряд , функция распределения , законы распределения, ошибки измерений показателей качества изделий электронной техники).

Раздел 2. Количественные показатели надежности ЭС

Единичные показатели надежности ЭС. Комплексные показатели надежности ЭС. Резервирование в теории надежности ЭС.

Раздел 3. Методики расчета надежности ЭС.

Методики расчета надежности ЭС. Форсированные и граничные испытания ЭС. Испытания ЭС на долговечность.

Список литературы

1. Ямпурин, Николай Петрович. Основы надежности электронных средств [Текст]: [учеб. пособие для студентов вузов по специальности "Проектирование и технология радиоэлектрон. средств"] / Н. П. Ямпурин, А. В. Баранова; под ред. Н. П. Ямпурина. Москва: Academia, 2010. - 237, [1] с. ISBN 978-5-7695-5908-2. Экземпляры: всего 15.

2. Захаров, Юрий Владимирович. Качество и надежность электронных средств [Текст]: учебное пособие: [для бакалавров направления подготовки 11.03.03, 11.03.04, 27.03.02, 27.03.04] / Ю. В. Захаров; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, ФГБОУ ВО "Поволж. гос. технол. ун-т". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. - 162 с. ISBN 978-5-8158-1981-8. Экземпляры: всего 13.

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Раздел 1. Конструирование гибридных интегральных схем

1. Электрическая принципиальная схема. Типы ИМС, конструкции элементов и компонентов. Элементы полупроводниковых ИМС на биполярных транзисторах. Элементы полупроводниковых ИМС на полевых транзисторах. Технологический маршрут изготовления ИМС на биполярных транзисторах (изоляция p–n-переходами). Технологический маршрут

изготовления тонкопленочных гибридных микросхем (ГИМС). Технологический маршрут изготовления ИМС на полевых транзисторах.

2. Расчет активных элементов ИМС.

Список литературы

1. Бубенников, Александр Николаевич. Моделирование интегральных микротехнологий, приборов и схем [Текст] : Учеб.пособие для студ.вузов по спец."Физика и технология материалов и компонентов электронной техники" / Бубенников, Александр Николаевич. М.: Высшая школа, 1989. - 319 с. Экземпляры: всего 52.

2. Сушенцов, Николай Иванович. Основы технологии микроэлектроники [Текст] : [лаб. практикум для студентов вузов по специальностям 200800, 220500 и направлениям 551100, 654300] / Н. И. Сушенцов, В. Е. Филимонов. 3-е изд., перераб. и доп. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. - 184 с. ISBN 5-8158-0366-9. Экземпляры: всего 12.

3. Филимонов, Виталий Евгеньевич. Технология очистки подложек микро- и наноэлектроники [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по направлениям подгот. 211000 "Конструирование и технология электрон. средств", 210100 "Электроника и наноэлектроника"] / В. Е. Филимонов, Н. И. Сушенцов; М-во образования и науки РФ, ГОУ ВПО "Мар. гос. техн. ун-т". Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. - 159 с. ISBN 978-5-8158-0867-6. Экземпляры: всего 71.

4. Кучумов, Александр Иванович. Электроника и схемотехника [Текст] : [учеб. пособие для студентов по специальностям "Компьютер. безопасность" и "Комплекс. обеспечение информ. безопасности автоматизир. систем"] / А. И. Кучумов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Гелиос АРВ, 2005. - 335 с. ISBN 5-85438-138-9. Экземпляры: всего 37.

9. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Раздел 1.

1. Классификация и обозначение отечественной элементной базы
2. Методика сравнения разрабатываемых вариантов конструкций ЭС с использованием комплексного показателя

   Произведите выбор оптимальной серии микросхем по следующим показателям:

Серия ИМС	$U_{пом}$ (В)	$P_{пот}$ (мВт)	$t_{зд}$ (нс)	$F_{раб}$ (МГц)	$F_{мех}$ (Гц)	m (г)
133	0,4	22	18,5	10	5000	0,4
К155	0,4	22	18,5	10	600	1,2
КМ155	0,4	22	18,5	10	2000	1,8
К555	0,7	2	20	15	600	1
b_i	0,25	0,25	0,2	0,1	0,1	0,1

3. Свойства конструкции электронных средств. Тактико-технические требования. Разработка технического задания на проектирование

Раздел 2. Технологические основы проектирования электронных средств

1. Технологичность конструкции и ее показатели. Обеспечение технологичности деталей, выполняемых методом отливки, штамповки, обработки резанием.

Раздел 3. Конструкторская и технологическая документация

1. Виды схем и правила их оформления. Перечень элементов
2. Спецификация, правила заполнения
3. Требования к оформлению сборочных чертежей электронных средств

Список литературы

1. Леухин, В. Н. Основы конструирования и технологии производства РЭС: учебное пособие /В.Н. Леухин. - Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2006. - 344 с.
2. Леухин, В.Н. Конструирование и технология радиоэлектронных систем: практикум - Йошкар-Ола: МарГТУ. - 2009.- 128 с.

10.ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ

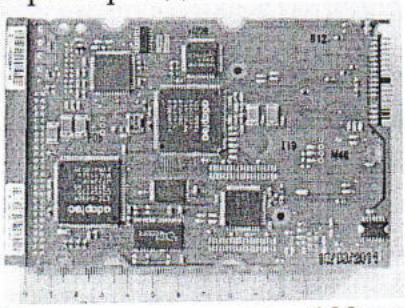
Раздел 1. Проектирование печатных узлов с монтажом на поверхность

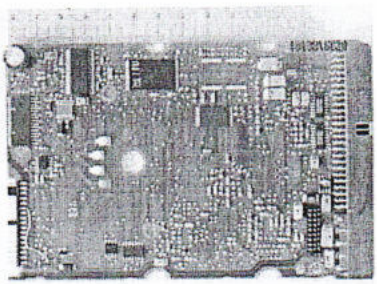
1. Элементная база для монтажа на поверхность и критерии ее выбора
2. Разновидности конструкций печатных плат. Классы точности печатных плат и критерии их выбора

Раздел 2. Технологические процессы изготовления электронных средств с применением поверхностного монтажа

1. Критерии выбора технологического оборудования для сборки радиоэлектронных узлов с монтажом на поверхность
2. Разработка структурной схемы сборки радиоэлектронного узла с монтажом на поверхность

Пример задания:





Программа выпуска – 100 тыс. изделий в год. Размеры платы – 145х112 мм
Верхняя сторона: 123 КМП, нижняя сторона: 110 КМП, 2 - КМО

Список литературы

1. Леухин В.Н. Радиоэлектронные узлы с монтажом на поверхность: конструирование и технология: Учебное пособие. – Йошкар- Ола: МарГТУ, 2006. – 248 с.

2. Леухин, В. Н.Технология электронных средств: лабораторный практикум / В. Н. Леухин, И. Д. Блинов, Е. В. Шабдаров; под общ. ред. В. Н. Леухина. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015.– 204 с.

11.ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИИ

Раздел 1. Введение в индустрию наносистем

1. Классификация нанообъектов.
2. Технологические подходы для получения нанообъектов.

Раздел 2. Особенности строения наноструктур

1. Кристаллическое строение нанообъектов.
2. Явление поверхностного плазмонного резонанса в наносистемах.

Раздел 3. Методы получения и формирования нанообъектов

1. Методы получения нанообъектов.
2. Методы формирования наноструктур.

Список литературы

1. Нанотехнологии в электронике. Выпуск 2 [Электронный ресурс]. Москва: Техносфера, 2013. - 688 с. ISBN 978-5-94836-353-0.

2. Лозовский, В. Н. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Н. Лозовский, С. В. Лозовский. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 332 с. ISBN 978-5-8114-3986-7.

12.ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

1. Особенности излучения электромагнитных волн в ультрафиолетовом (УФ), видимом и инфракрасном (ИК) диапазонах.

2. Основные характеристики и параметры фотодиодов. ВАХ и схемы включения светодиода.

3. Конструкция и принцип действия планарного симметричного оптического волновода.

4. Полупроводниковые фотоприемные приборы. Классификация и принцип действия.

5. Применение оптронов в усилителях и системах автоматического управления.

Список литературы

1. Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Технологии изготовления и измерения оптических характеристик тонких пленок для применения в приборостроении

ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с.

2. Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Вакуумные тонкопленочные технологии в приборостроении: / Д. Е. Шашин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с. ISBN 978-5-8158-2314-3.

3. Леухин, Владимир Николаевич. Материалы в конструкциях и технологии электронных средств [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Леухин, Е. В. Михеева. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. - 163 с. ISBN 978-5-8158-0684-9.

13.ОСНОВЫ ЛУЧЕВЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

1. Классификация плазменных технологических процессов по механизму воздействия на обрабатываемую поверхность.

2. Технологические требования и параметры, характеризующие процесс травления.

3. Физические принципы создания лазерного излучения.

4. Средства и способы устойчивого поддержания плазмы на примере процесса реактивного магнетронного распыления.

5. Типы воздействия плазмы на обрабатываемый материал.

Список литературы

1. Борейшо Анатолий Сергеевич. Лазеры: устройство и действие [Электронный ресурс] / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. Москва: Лань", 2016. 303 с. ISBN 978-5-8114-2234-0.

2. Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Технологии изготовления и измерения оптических характеристик тонких пленок для применения в приборостроении: лабораторный практикум / Д. Е. Шашин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с. ISBN 978-5-8158-2289-4.

3. Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Исследование параметров пассивных тонкопленочных элементов [Текст]: лабораторный практикум Д. Е. Шашин, Е. М. Цветкова, А. Г. Разина; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2021. - 61 с. ISBN 978-5-8158-2247-4. Экземпляры: всего 15.

4. Гусев, Владимир Георгиевич. Электроника [Текст]: [Учеб.пособ.для студ-ов приборостроит.спец.вузов] / Гусев, Владимир Георгиевич, Гусев, Юрий Матвеевич. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1991. - 621 с. ISBN 5-06-000681-6.

14.ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Раздел 1. Полупроводниковые материалы и способы их получения

Классификация и характеристика основных типов микроэлектронных приборов: дискретные полупроводниковые приборы, полупроводниковые интегральные микросхемы, тонкопленочные и толстопленочные интегральные микросхемы, гибридные микросхемы.

Технологические процессы очистки исходных материалов и готовых полупроводниковых структур. Понятие чистых веществах. Классификация материалов по степени чистоты. Технология процессов разделения и очистки материалов. Методы получения монокристаллов полупроводниковых материалов. Классификация методов направленной кристаллизации. Получение монокристаллов по методу Чохральского. Метод бестигельной зонной плавки. Методы получения профильных кристаллов полупроводников.

Раздел 2. Технология изготовления полупроводниковых подложек

Технология изготовления полупроводниковых подложек. Материалы, используемые при изготовлении подложек. Основы абразивной обработки полупроводниковых материалов. Методы резки монокристаллов на пластины. Абразивное шлифование и полирование пластин. Структура нарушенного слоя при абразивной обработке хрупких материалов. Методы контроля качества полупроводниковых подложек.

Раздел 3. Технология изготовления микросхем

Конструкции элементов полупроводниковых микросхем. Конструктивно-технологические варианты изготовления биполярных и МДП транзисторов. Варианты изоляции элементов микросхем. Контакты к кремнию, проводники разводки, контактные площадки внешних выводов микросхем. Технология изготовления гибридных микросхем. Технология формирования тонкопленочных элементов ГИС. Технология формирования толстопленочных ГИС. Технологические процессы сборки полупроводниковых приборов и ИМС. Разделение пластин на кристаллы. Методы крепления кристаллов в корпусе прибора. Методы присоединения внешних выводов. Сборка приборов на ленточный носитель. Методы герметизации корпусов приборов.

Раздел 4. Технология изготовления деталей из диэлектрических материалов

Технология изготовления деталей из диэлектрических материалов. Стекло и стеклообразные материалы. Очистка деталей: обезжиривание и травление. Виды загрязнений и методы их удаления. Способы очистки. Виды растворителей. Полирование: назначение и способы реализации.

Список литературы

1. Сапунов, С. В. Материаловедение [Электронный ресурс] / Сапунов С. В. 2-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 208 с. ISBN 978-5-8114-1793-3
2. Дудкин, А. Н. Электротехническое материаловедение [Текст] / Дудкин А. Н., Ким В. С. 5-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 200 с. с. ISBN 978-5-8114-5296-5.
3. Пасынков, Владимир Васильевич. Полупроводниковые приборы [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по направлению подгот. бакалавров и магистров "Электроника и микроэлектроника" и по направлению подгот. дипломир. специалистов "Электроника и микроэлектроника"] / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. Изд. 9-е, стер. Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2009. - 478, [1] с. ISBN 978-5-8114-0368-4. Экземпляры: всего 15.
4. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы [Электронный ресурс] / Пасынков В. В.,Чиркин Л. К. 9-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 480 с. ISBN 978-5-8114-0368-4.
5. Александров, Сергей Евгеньевич. Технология полупроводниковых материалов [Текст] : учебное пособие / С. Е. Александров, Ф. Ф. Греков. 2-е изд., испр. Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 230 с. ISBN 978-5-8114-1290-7. Экземпляры: всего 25.

15.ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Раздел 1. Использование современных достижений физики и химии в технологии производства ЭС

1. Электронные пучки, ионные в технологии производства ЭС.
2. Ионные пучки в технологии производства ЭС.
3. Лазерные, фотонные пучки, рентгеновское излучение в технологии производства ЭС.

Раздел 2. Вакуумные методы получения пленок

1. Физико-химические основы зарождения и роста новой фазы в виде тонких пленок в технологических процессах.
2. Методы термического испарения в вакууме.
3. Методы ионного распыления.
4. Метод магнетронного распыления.

Раздел 3. Физико-химические основы эпитаксиальных процессов

1. Молекулярно-лучевая эпитаксия.

Раздел 4. Закономерности и механизмы диффузии и ионной имплантации примесей в полупроводниковых материалах и структурах

1. Термическая диффузия.
2. Ионная имплантация.

Раздел 5. Физико-химические и физические основы микролитографии

1. Фотолитография.

Список литературы

1.Ю.В.Панфилов. Электронные, ионные и плазменные технологии. Москва.МГТУ им.Н.Э.Баумана.2009.

16.СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НАНОЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

1. Методы локальной модификации поверхности с помощью сканирующей зондовой микроскопии.
2. Энергетический спектр электрона в одномерной квантовой яме с бесконечно высокими стенками.
3. Движение электрона через потенциальный барьер конечной толщины.
4. Эпитаксиальные методы получения наноструктур.
5. Приборы наноэлектроники. Нанотранзисторы и углеродные нанотрубки, их принцип действия и технологии создания.

Список литературы

1. Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Исследование параметров пассивных тонкопленочных элементов [Текст]: лабораторный практикум; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2021. - 61 с. ISBN 978-5-8158-2247-4

2. Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Технологии изготовления и измерения оптических характеристик тонких пленок для применения в приборостроении : лабораторный практикум; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с. ISBN 978-5-8158-2289-4.

3. Щука, Александр Александрович. Наноэлектроника [Текст]: учебное пособие: по направлению подготовки "Прикладные математика и физика" / А. А. Щука; под редакцией А. С. Сигова. 4-е изд. Москва: Лаборатория знаний, 2019. - 342 с. ISBN 978-5-00101-156-9

4. Леухин, Владимир Николаевич. Материалы в конструкциях и технологии электронных средств: учеб. пособие / В. Н. Леухин, Е. В. Михеева. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. - 163 с. ISBN 978-5-8158-0684-9.

17. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

1. Классифицируйте ИМС по технологии изготовления
2. Проектирование биполярных транзисторов ИМС. Основы расчета электрофизических и геометрических параметров
3. Проектирование p-n-p транзисторов. Основные конструкции.

4. Гибридные микросхемы. Разновидности и основные этапы проектирования

5. Проектирование диодов и транзисторов с барьером Шоттки.

Список литературы

1. Леухин, Владимир Николаевич. Материалы в конструкциях и технологии электронных средств [Текст]: учеб. пособие / В. Н. Леухин, Е. В. Михеева. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. - 163 с. ISBN 978-5-8158-0684-9.

2. Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Исследование параметров пассивных тонкопленочных элементов [Текст]: лабораторный практикум / Д. Е. Шашин, Е. М. Цветкова, А. Г. Разина; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2021. - 61 с. ISBN 978-5-8158-2247-4.

3. Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Технологии изготовления и измерения оптических характеристик тонких пленок для применения в приборостроении [Текст]: лабораторный практикум / Д. Е. Шашин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с. ISBN 978-5-8158-2289-4. Технологии изготовления и измерения оптических характеристик тонких пленок для применения в машиностроении.

18.ФОТОВОЛЬТАИКА И НАНОПЛАЗМОНИКА

1. Классификация фотоэлектрических преобразователей энергии. Монокристаллические, поликристаллические и аморфные фотоэлектрические преобразователи.

2. Определение вентильного фотоэффекта. Структуры, на которых возможно наблюдение вентильного фотоэффекта. Применение таких структур.

3. Основные параметры фотоэлектрических преобразователей (мощность, КПД, температурный коэффициент, темновой ток, материалы).

4. Напряжение холостого хода и ток короткого замыкания солнечных элементов. Физический смысл и осуществление измерений.

5. Основные и перспективные материалы для изготовления фотоэлектрических преобразователей. Методы получения этих материалов.

Список литературы

1. Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Технологии / Д. Е. Шашин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с. ISBN 978-5-8158-2289-4.

2. Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Вакуумные тонкопленочные технологии в приборостроении [Текст] : лабораторный практикум по направлениям / Д. Е. Шашин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный

технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с. ISBN 978-5-8158-2314-3.

3. Леухин, Владимир Николаевич. Материалы в конструкциях и технологии электронных средств [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Леухин, Е. В. Михеева. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. - 163 с. ISBN 978-5-8158-0684-9. Экземпляры: всего 149.

4. Солнечная энергетика [Текст] :/ В. И. Виссарионов [и др.] ; под ред. В. И. Виссарионова. 2-е изд., стер. М.: МЭИ, 2011. - 276 с. ISBN 978-5-383-00608-5. Экземпляры: всего 25.

II. ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ВАРИАНТ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА (ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ)

Поволжский государственный технологический университет

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ (ТЕСТ) № 0

Вступительные испытания на направление подготовки магистров

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»
Шифр направление

1. По зонной диаграмме объясните физические принципы работы и ВАХ биполярных транзисторов, приведите типовые схемы включения и области их применения, опишите чем характеризуются данный элемент..
2. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля.
3. Эпитаксия
4. Технология формирования тонкопленочных элементов ГИС.
5. Полупроводниковые фотоприемные приборы. Классификация и принцип действия.
6. Практическое задание

Заведующий кафедрой КиПР (Д.Е. Шашин)
Ф.И.О.

«29» октября 2025г.

III. СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ РАБОТ (ТЕСТОВ)

Работы оцениваются по 100 балльной шкале.

Оценка ***ОТЛИЧНО (более 90 баллов)*** *выставляется экзаменуемому, если он:*

- имеет целостное представление о процессах и явлениях, описываемых дисциплиной;
- владеет логическим, математическим и схемотехническим описанием устройств и явлений, рассматриваемых в дисциплине;
- понимает возможности дисциплины и владеет ими на уровне, необходимом для решения задач возникающих при выполнении профессиональных функций;
- способен самостоятельно совершенствоваться в этой области;

Оценка ***ХОРОШО (75-90 баллов)*** *выставляется экзаменуемому, если он:*

- имеет целостное представление о процессах и явлениях, описываемых дисциплиной;
- при логическом, математическом и схемотехническом описании устройств и явлений, рассматриваемых в дисциплине, допускает неточности;
- понимает возможности научной дисциплины и владеет ими на уровне, необходимом для решения задач возникающих при выполнении профессиональных функций;
- способен самостоятельно совершенствоваться в этой области;

Оценка ***УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО (60-75 баллов)*** *выставляется экзаменуемому*, если он:

- имеет представление о процессах и явлениях, описываемых дисциплиной;
- при логическом, математическом и схемотехническом описании устройств и явлений, рассматриваемых в дисциплине, допускает ошибки, но знает и понимает конечные результаты;

Оценка ***НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО (менее 60 баллов)*** может быть поставлена экзаменуемому, показавшему незнание отдельных основных разделов (модулей) дисциплины.

IV. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

1. По зонной диаграмме объясните физические принципы работы и ВАХ диодов, приведите типовые схемы включения и области их применения, опишите чем характеризуются данный элемент.
2. По зонной диаграмме объясните физические принципы работы и ВАХ биполярных транзисторов, приведите типовые схемы включения и области их применения, опишите чем характеризуются данный элемент.
3. По зонной диаграмме объясните физические принципы работы и ВАХ полевых транзисторов с индуцированным каналом, приведите типовые схемы включения и области их применения, опишите чем характеризуются данный элемент.
4. По зонной диаграмме объясните физические принципы работы и ВАХ полевых транзисторов со встроенным каналом, приведите типовые схемы включения и области их применения, опишите чем характеризуются данный элемент.
5. По зонной диаграмме объясните физические принципы работы и ВАХ полевых транзисторов со управляющим p-n переходом приведите типовые схемы включения и области их применения, опишите чем характеризуются данный элемент.
6. Способы снижения размерности объектов.
7. Опишите основы спинтроники.
8. Принципы квантовых компьютеров.
9. Опишите основы одноэлектроники.
10. Наноэлектронные запоминающие устройства
11. Пластические массы. Слоистые пластики.
12. Керамика. Виды керамических материалов.
13. Проводники. Классификация. Основные свойства проводников. Применение в микроэлектронике
14. Неорганические полупроводники (германий, кремний и др.).
15. Классификация полупроводников. Основные параметры полупроводников.
16. 3D-конфокальная лазерная сканирующая оптическая микроскопия.
17. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля.
18. Сканирующая зондовая микроскопия.
19. Принципы и методы ИК-спектроскопии.
20. Принципы и методы атомно-абсорбционной спектроскопии.
21. Ограничения кремниевой микроэлектроники
22. Устройства и принцип работы приборов акустоэлектронкии.
23. Устройства и принцип работы приборов магнетоэлектроники.
24. Устройства и принцип работы приборов полупроводниковой функциональной электроники.
25. Устройства и принцип работы приборов полупроводниковой функциональной криоэлектронки.
26. Электронные, ионные пучки и излучения.

27.Фотолитография.
28.Эпитаксия.
29.Ионная имплантация и термическая диффузия.
30.Магнетронное распыление.
31.Вакуумные методы получения пленок.
32.Показатели безотказности для невосстанавливаемых изделий.
33.Показатели безотказности для восстанавливаемых изделий.
34.Законы распределения.
35.Резервирование.
36.Статистическая проверка гипотез. О законе распределения случайной величины.
37.Последовательность проектирования гибридных ИМС.
38.Расчет и проектирование пленочных резисторов. Конструктивно-технологические особенности и основные параметры.
39.Расчет и проектирование пленочных конденсаторов. Конструктивно-технологические особенности и основные параметры.
40.Тонко- и толстопленочная технология изготовления микросхем. Сравнительные показатели технологий.
41.Классификация и обозначение отечественной элементной базы.
42.Методика сравнения разрабатываемых вариантов конструкций ЭС с использованием комплексного показателя.
43.Свойства конструкции электронных средств. Тактико-технические требования. Разработка технического задания на проектирование.
44.Технологичность конструкции и ее показатели. Обеспечение технологичности деталей, выполняемых методом отливки, штамповки, обработки резанием.
45.Виды схем и правила их оформления. Перечень элементов.
46.Спецификация, правила заполнения.
47.Требования к оформлению сборочных чертежей электронных средств
48.Элементная база для монтажа на поверхность и критерии ее выбора.
49.Разновидности конструкций печатных плат. Классы точности печатных плат и критерии их выбора.
50.Критерии выбора технологического оборудования для сборки радиоэлектронных узлов с монтажом на поверхность.
51. Явление поверхностного плазмонного резонанса в наносистемах.
52. Классификация методов получения нанообъектов.
53. Методы формирования наноэлектронных структур, основанные на использовании сканирующих зондов.
54.Особенности излучения электромагнитных волн в ультрафиолетовом (УФ), видимом и инфракрасном (ИК) диапазонах.
55.Основные характеристики и параметры светодиодов. ВАХ и схема включения светодиода.
56.Конструкция и принцип действия планарного симметричного оптического волновода.

57.Полупроводниковые фотоприемные приборы. Классификация и принцип действия.
58.Применение оптронов в усилителях и системах автоматического управления.
59..
60.Классификация плазменных технологических процессов по механизму воздействия на обрабатываемую поверхность.
61.Технологические требования и параметры, характеризующие процесс травления.
62.Физические принципы создания лазерного излучения.
63.Средства и способы устойчивого поддержания плазмы на примере процесса реактивного магнетронного распыления.
64.Типы воздействия плазмы на обрабатываемый материал.
65.Получение монокристаллов по методу Чохральского.
66.Метод бестигельной зонной плавки.
67.Технология изготовления гибридных микросхем.
68.Технология формирования тонкопленочных элементов ГИС.
69.Технология формирования толстопленочных ГИС.
70.Технология изготовления изделий из стекла и керамики.
71.Методы локальной модификации поверхности с помощью сканирующей зондовой микроскопии.
72.Энергетический спектр электрона в одномерной квантовой яме с бесконечно высокими стенками.
73.Движение электрона через потенциальный барьер конечной толщины.
74.Эпитаксиальные методы получения наноструктур.
75.Приборы наноэлектроники. Нанотранзисторы и углеродные нанотрубки, их принцип действия и технологии создания.
76.Параметры оптимизации, их характеристики и требования к ним.
77.Факторы эксперимента, их характеристики и требования к ним.
78. Дробный факторный эксперимент. Для чего применяется. Особенности интерпретации. Уровни варьирования факторов.
79.Полный факторный эксперимент. Матрица планирования.
80.Рототабельный центральный композиционный план.
81.Классифицируйте ИМС по технологии изготовления
82.Проектирование биполярных транзисторов ИМС. Основы расчета электрофизических и геометрических параметров.
83.Проектирование p-n-p транзисторов. Основные конструкции.
84.Гибридные микросхемы. Разновидности и основные этапы проектирования.
85.Проектирование диодов и транзисторов с барьером Шоттки.
86.Классификация фотоэлектрических преобразователей энергии. Монокристаллические, поликристаллические и аморфные фотоэлектрические преобразователи.

87. Определение вентильного фотоэффекта. Структуры, на которых возможно наблюдение вентильного фотоэффекта. Применение таких структур.
88. Основные параметры фотоэлектрических преобразователей (мощность, КПД, температурный коэффициент, темновой ток, материалы).
89. Напряжение холостого хода и ток короткого замыкания солнечных элементов. Физический смысл и осуществление измерений.
90. Основные и перспективные материалы для изготовления фотоэлектрических преобразователей. Методы получения этих материалов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ (схема дается по вариантам)

Разработать структурную схему технологического процесса

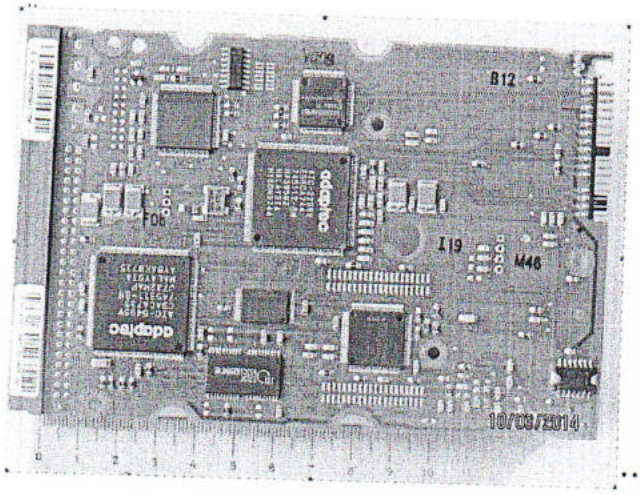
Пример задания:

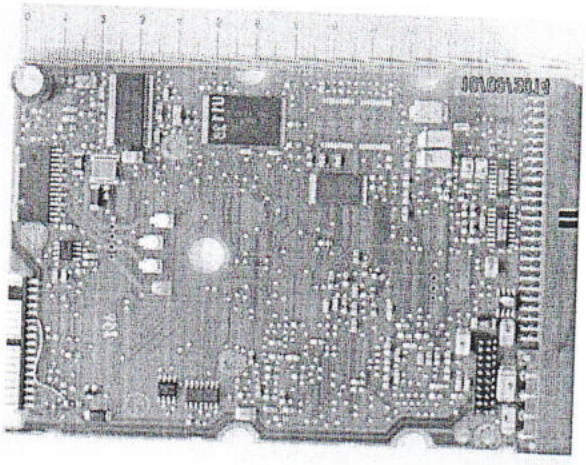
Разработать структурную схему технологический процесс изготовления печатной платы, показанной на рисунке, включая ручные операции

Требуется рассчитать:

1. Такт выпуска изделий (возможны вариации: для 1-сменной или 2-сменной работы; для одиночной платы или мультиплицированной)
2. Полный цикл работы автомата трафаретной печати (рабочий цикл находится в пределах от 7 до 16 с)
3. Производительность установщика КМП для стороны 1 и 2 (возможный диапазон производительности – от 4 до 200 тыс. комп./час)
4. Длину печи оплавления (максимальная длина печи не должна превышать 7 м)
5. Требуемую производительность АОИ

Программа выпуска – 100 тыс. изделий в год. Размеры платы – 145х112 мм





Таблица

Перечень компонентов, устанавливаемых на печатной плате

Тип компонента	Геометр. размеры *axb*, мм	Кол-во выводов	Шаг расположения выводов, мм	Тип корпуса (по IPC782A)	Кол-во на плате	Способ установки
Сторона 1 **Компоненты, монтируемые на поверхность (123 шт.)**						
1. Микросхема	14*13,8	100	0,5	SQFP	2	Авт.
2. Микросхема	11,9*11,5	80	0,5	SQFP	1	Авт.
3. Микросхема	24,3*23,7	176	0,5	SQFP	2	Авт.
4. Микросхема	9,9*3,6	16	1,23	SQFP	1	Авт.
5. Микросхема	14,3*13,9	100	0,5	SQFP	1	Авт.
6. Микросхема	12,1*8	28	0,55	SQFP	1	Авт.
7. Микросхема	18,8*9,9	40	0,79	SQFP	1	Авт.
8. Микросхема	11*6,2	14	0,79	SQFP	1	Авт.
9. Кварцевый резонатор	7*4,4			?	1	Авт.
10. Конденсатор	6*4			1825	5	Авт.
11. Резистор	2,8*1,6			0805	1	Авт.

Продолжение таблицы

Тип компонента	Геометр. размеры *axb*, мм	Кол-во выводов	Шаг расположения выводов, мм	Тип корпуса (по IPC782A)	Кол-во на плате	Способ установки
12. Конденсатор	3,1*1,7			1206	1	Авт.
13. Резистор	2,1*1,3			0805	38	Авт.
14. Резистор	2,0*1,3			0805	43	Авт.
15. Конденсатор	2,0*1,3			0805	24	Авт.
Сторона 2 **Компоненты, монтируемые на поверхность (110 шт.)**						
16. Микросхема	16*10,5	48	0,4	SQFP	1	Авт.
17. Микросхема	16*6,1	56	0,5	SQFP	1	Авт.
18. Микросхема	10*7	28	0,47	SQFP	1	Авт.
19. Микросхема	7,3*3	14	1,04	SQFP	1	Авт.
20.Конденсатор	5*4,7			1825	1	Авт.
23. Микросхема	4,2*3,2	8	0,97	SQFP	2	Авт.
24. Конденсатор	6,1*3,4			1825	2	Авт.
25. Конденсатор	5,3*2,6			1825	2	Авт.
26.Конденсатор	2,8*2,5			1210	5	Авт.
27. Микросхема	8,9*2,9			SQFP	2	Авт.
28. Конденсатор	3,3*2			1210	2	Авт.
29.Транзистор	2,4*0,8				2	Авт.
30.Диод	5,8*4,7				1	Авт.
31.Конденсатор	1,7*1			0805	40	Авт.
32.Предохранитель	4,5*2				1	Авт.
33. Резистор	1,8*1,2			1206	46	Авт.
Сторона 2 **Компоненты, монтируемые в отверстия (2 шт.)**						
34. Конденсатор 2-х выводной		2			1	Ручн.
35. Разъем на 20 выводов		20			1	Ручн.