

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию
в области информатики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ А.Г.Баханович

Регистрационный № _____

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

**Примерная учебная программа по учебной дисциплине
для специальности**

6-05-0713-02 Электронные системы и технологии

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию в
области информатики и
радиоэлектроники

_____ В.А.Богуш

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.Н.Пищов

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В.Титович

Эксперт-нормоконтролер

СОСТАВИТЕЛЬ:

Д.А.Голосов, доцент кафедры электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра «Интеллектуальные и мехатронные системы» Белорусского национального технического университета (протокол № 1 от 09.09.2025);

Я.А.Соловьев, заведующий отраслевой лабораторией новых технологий и материалов открытого акционерного общества «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ», доктор технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:

Кафедрой электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 1 от 01.09.2025);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № ___ от _____);

Научно-методическим советом по электронным системам и технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 1 от 16.09.2025)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Проектирование изделий интегральной электроники» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 6-05-0713-02 «Электронные системы и технологии» в соответствии с требованиями образовательного стандарта общего высшего образования и примерного учебного плана вышеуказанной специальности.

Учебная дисциплина «Проектирование изделий интегральной электроники» играет важную роль в процессе подготовки специалистов с высшим образованием в области электронных систем и технологий, ориентирована на изучение инновационных методов конструирования и технологий изготовления изделий интегральной электроники для электронных средств и обеспечение высокого качества продукции.

Воспитательное значение учебной дисциплины «Проектирование изделий интегральной электроники» заключается в формировании у обучающихся математической культуры и научного мировоззрения; развитии исследовательских умений, аналитических способностей, креативности, необходимых для решения научных и практических задач; развитии познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формировании способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования интеллектуально развитой личности обучающегося, которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, активному участию в экономической и социально-культурной жизни страны, гражданская ответственность и патриотизм.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: теоретическая и практическая подготовка в области проектирования и производства изделий интегральной электроники, овладение научными подходами и практическими навыками компьютерного конструирования изделий интегральной электроники.

Задачи учебной дисциплины:

ознакомление с условиями эксплуатации изделий интегральной электроники;

изучение структур и принципов работы активных и пассивных элементов интегральной электроники;

изучение физических процессов, происходящих в элементах и структурах изделий интегральной электроники, и их использования для анализа и расчета

компонентов и элементов конструкций интегральной электроники различного конструктивного исполнения;

приобретение знаний в области анализа характеристик производственных и технологических процессов, технологичности конструкций изделий интегральной электроники;

овладение методами проектирования технологических процессов формирования функциональных слоев, рисунка слоев, электрических соединений, сборки и монтажа изделий интегральной электроники;

овладение навыками разработки конструкторской документации с применением систем автоматизированного проектирования.

Базовыми учебными дисциплинами для учебной дисциплины «Проектирование изделий интегральной электроники» являются такие учебные дисциплины как «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Физика», «Химия», «Материалы электронной техники», «Физико-химические основы микро- и наноэлектроники». В свою очередь учебная дисциплина «Проектирование изделий интегральной электроники» является базой для такой учебной дисциплины как «Технологические процессы интегральной электроники», а также для следующих дисциплин компонента учреждения образования: «Технология элементов конструкций электронных средств», «Технология производства электронных средств», «Технология сборки и монтажа микромодулей», «Контроль качества и испытания электронных средств».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Проектирование изделий интегральной электроники» формируется следующая базовая профессиональная компетенция: применять инженерные расчеты и автоматизированные методы проектирования изделий микро- и наноэлектроники.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

знать:

принципы проектирования изделий интегральной электроники и методики конструктивного расчета элементов и фрагментов изделий интегральной электроники различного функционального назначения;

методы контроля электрических характеристик элементов изделий интегральной электроники;

основы обеспечения работоспособности изделий интегральной электроники при воздействии внешних дестабилизирующих факторов;

основные критерии качества изделий интегральной электроники и их взаимосвязь с конструктивно-технологическими параметрами;

уметь:

характеризовать достоинства и недостатки различных вариантов конструктивного исполнения элементов и изделий интегральной электроники в целом;

анализировать техническое задание на проектирование изделий интегральной электроники и грамотно определять ее конструктивно-технологическое исполнение;

иметь навык: анализа результатов исследований и моделирования характеристик изделий интегральной электроники.

Примерная учебная программа рассчитана на 108 учебных часов, из них – 48 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 32 часа, лабораторные занятия – 16 часов.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия
Раздел 1. Интегральная электроника	4	4	
Тема 1. Введение. Интегральные микросхемы. Основные понятия и определения	2	2	
Тема 2. Основные материалы микроэлектроники	2	2	
Раздел 2. Гибридные интегральные микросхемы	12	4	8
Тема 3. Тонкопленочные гибридные ИМС	6	2	4
Тема 4. Расчет и проектирование элементов тонкопленочных интегральных микросхем	6	2	4
Раздел 3. Структуры биполярных интегральных микросхем	14	10	4
Тема 5. Активные элементы биполярных полупроводниковых ИМС. Биполярные транзисторы	4	4	
Тема 6. Биполярные транзисторы р-п-р типа	6	2	4
Тема 7. Пассивные элементы полупроводниковых интегральных микросхем. Расчет и проектирование интегральных полупроводниковых диодов	4	4	
Раздел 4. Структуры МДП и КМДП интегральных микросхем	8	4	4
Тема 8. Структуры МДП и КМДП интегральных микросхем	8	4	4
Раздел 5. Полупроводниковые микросхемы памяти	6	6	
Тема 9. Полупроводниковые микросхемы памяти. Постоянные запоминающие устройства	4	4	
Тема 10. Оперативно запоминающие устройства	2	2	
Раздел 6. Конструирование изделий интегральной электроники	4	4	
Тема 11. Тестовый контроль. Тестовые структуры	2	2	
Тема 12. Особенности проектирования изделий интегральной электроники. Законы масштабирования	2	2	
Итого:	48	32	16

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Цель и место учебной дисциплины в подготовке специалистов в области проектирования и производства радиоэлектронных средств. История развития интегральной электроники. Современное состояние и перспективы развития производства изделий интегральной электроники и ее связь с поколениями электронной аппаратуры. Закон Мура. Интегральные микросхемы (ИМС). Полупроводниковые интегральные микросхемы. Гибридные интегральные микросхемы. Совмещенные интегральные микросхемы. Структура ИМС, общая и послойная топологии ИМС.

Тема 2. ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Металлы, полупроводники, диэлектрики. Простые вещества с полупроводниковыми свойствами. Кремний, германий. Соединения и твердые растворы типа $A^x B^{8-x}$, $A^x B_1^{8-x} B_2^{8-x}$, $A_1^x A_2^x B^{8-x}$, $A_1^x A_2^x B_1^{8-x} B_2^{8-x}$. Понятие о донорных и акцепторных уровнях. Элементы зонной теории твердого тела. Собственные и примесные полупроводники. Полупроводниковые пластины и их параметры.

Раздел 2. ГИБРИДНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

Тема 3. ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ГИБРИДНЫЕ ИМС

Особенности тонкопленочных микросхем. Элементы тонкопленочных микросхем. Базовые технологии при производстве тонкопленочных микросхем. Масочный, фотолитографический и комбинированный процессы, танталовая технология.

Тема 4. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Расчет и проектирование пленочных конденсаторов, резисторов, катушек индуктивности, проводников и контактных площадок. Монтаж навесных компонентов при производстве геоинформационных систем (ГИС).

Раздел 3. СТРУКТУРЫ БИПОЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Тема 5. АКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ БИПОЛЯРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИМС. БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Эпитаксиально-планарный транзистор со скрытым слоем, транзистор с диэлектрической изоляцией. Изоляция элементов биполярных транзисторов воздушными промежутками. Биполярные транзисторы с комбинированной изоляцией. Изопланарная и эпиланарная технология изготовления биполярных

транзисторов, V-ATE технология. Полипланарная технология изготовления биполярных транзисторов. Многоэмиттерные биполярные транзисторы. Транзисторы с диодом.

Тема 6. БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ P-N-P ТИПА

Горизонтальный, многоколлекторный и подложковый p-n-p транзистор. P-n-p транзистор, изготовленный методом тройной диффузии.

Тема 7. ПАССИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

Структуры полупроводниковых резисторов и конденсаторов, их характеристики, методы расчета. Структуры интегральных диодов, их характеристики, методы расчета.

Раздел 4. СТРУКТУРЫ МДП И КМДП ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Тема 8. СТРУКТУРЫ МДП И КМДП ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

МДП-транзистор с индуцированным каналом n- и p-типа. МНОП и МОАП-транзисторы. МДП-транзисторы с самосовмещенным поликремниевым и молибденовым затворами. МДП-транзистор с встроенным каналом. Диффузионный МДП-транзистор. Комплементарные МДП-транзисторы. МДП-транзистор на диэлектрической подложке. Комплементарные КНС-микросхемы. Вертикальные структуры. MOSFET- и IJBT-транзисторы.

Раздел 5. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ ПАМЯТИ

Тема 9. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ ПАМЯТИ. ПОСТОЯННЫЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Программируемые постоянные запоминающие устройства. ПЗУ, программируемые ПЗУ (ППЗУ), репрограммируемые ПЗУ (РПЗУ). Элемент памяти со структурой МНОП. Элементы памяти с плавающим затвором.

Тема 10. ОПЕРАТИВНО ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Оперативно запоминающие устройства статического и динамического типов. Элементы памяти динамического типа на МДП-транзисторах. Элементы памяти статического типа на МДП-транзисторах.

Раздел 6. КОНСТРУИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Тема 11. ТЕСТОВЫЙ КОНТРОЛЬ. ТЕСТОВЫЕ СТРУКТУРЫ

Тестовый контроль. Тестовые структуры (ТС) для измерения поверхностных сопротивлений. ТС для измерения ширины проводящих

областей и зазоров между ними. Измерение рассовмещения топологических слоев. Измерение контактного сопротивления.

Тема 12. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ. ЗАКОНЫ МАСШТАБИРОВАНИЯ

Основные этапы проектирования изделий интегральной электроники. Функциональное и логическое проектирование. Электрическое моделирование. Проектирование топологии. Размещение и трассировка. Программные продукты. Степень интеграции. Законы масштабирования. Физические ограничения в микроэлектронных приборах. Технологические факторы, ограничивающие степень интеграции.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Технология изделий интегральной электроники: учебное пособие / Л. П. Ануфриев [и др.]; под общ. ред. А. П. Достанко, Л. И. Гурского. – Минск : Амалфея, 2010. – 536 с.
2. Электрофизические процессы и оборудование в технологии микро- и нанoeлектроники : монография / А. П. Достанко [и др.]; под общ. ред. А. П. Достанко, А. М. Русецкого. – Минск: Беспринт, 2011. – 210 с.
3. Белоус, А. И. Космическая электроника : в 2 кн. Кн. 1. / А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов. – Москва : Техносфера, 2015. – 696 с.
4. Белоус, А. И. Космическая электроника : в 2 кн. Кн. 2. / А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов. – Москва : Техносфера, 2015. – 488 с.
5. Степаненко, И. П. Основы микроэлектроники : учебное пособие / И. П. Степаненко. – 2-е изд. – Москва : Лаборатория базовых знаний, 2004. – 488 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

6. Ланин, В. Л. Формирование токопроводящих контактных соединений в изделиях электроники / В. Л. Ланин, А. П. Достанко, Е. В. Телеш. – Минск : БГУ, 2007. – 575с.
7. Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства : учебник / А. П. Достанко [и др.]. – Минск : Вышэйшая школа, 2002. – 416 с.
8. Емельянов, В. А. Технология микромонтажа интегральных схем / В. А. Емельянов. – Минск : Беларуская навука, 2002. – 336 с.
9. Щука, А. А. Электроника : учебное пособие / А. А. Щука ; под общ. ред. А.С. Сигова. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

подготовка к лекциям и лабораторным занятиям;

работа с учебно-методическими пособиями;

чтение рекомендуемой литературы;

выполнение лабораторных работ;

самостоятельное изучение тем и проблем, не выносимых на лекции и лабораторные занятия.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Примерным учебным планом по специальности 6-05-0713-02 «Электронные системы и технологии» в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Проектирование изделий интегральной электроники» рекомендуется зачет. Оценка учебных достижений обучающихся производится по системе «зачтено/не зачтено».

Для текущего контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций могут использоваться следующие формы:

- устный опрос;
- контрольные работы;
- письменные отчеты по выполненным лабораторным работам с их устной или письменной защитой.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на лабораторных занятиях.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Конструкции и технология тонкопленочных резисторов.
2. Конструкции и технология тонкопленочных конденсаторов.
3. Конструкция и технология толстопленочных гибридных интегральных схем и микросборок.
4. Корректировка номиналов тонкопленочных резисторов гибридных интегральных микросхем.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

(необходимого оборудования, наглядных пособий и др.)

1. Учебная телевизионная система с мультимедийным проектором.
2. Персональные компьютеры.
3. Компьютерные презентации по темам учебной дисциплины.
4. Программный комплекс MathCAD.
5. Лабораторные макеты.
6. Зондовое устройство.
7. Измеритель поверхностного сопротивления ИУС-3.
8. Контрольно-измерительные приборы.
9. Установка ИК-нагрева «Изоприн».
10. Микроскоп МИИ-4.
11. Измеритель иммитанса Е7-20.