

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 № _____

**АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОННЫХ
СИСТЕМ**

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

7-06-0713-02 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

Минск 2024

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.Л.Ланин, профессор кафедры электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», доктор технических наук, профессор

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра конструирования и производства приборов Белорусского национального технического университета (протокол № 2 от 10.10.2024);

В.А.Пилипенко, заместитель начальника государственного центра Белмикроанализ открытого акционерного общества «ИНТЕГРАЛ» - управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ», член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:

Кафедрой электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 4 от 14.10.2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 3 от 15.11.2024);

Научно-методическим советом по электронным системам и технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 2 от 16.10.2024)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Аддитивные технологии в производстве электронных систем» разработана для магистрантов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 7-06-0713-02 «Электронные системы и технологии» в соответствии с требованиями образовательного стандарта углубленного высшего образования и примерного учебного плана вышеуказанной специальности.

Учебная дисциплина «Аддитивные технологии в производстве электронных систем» является одной из основополагающих в технологической подготовке по специальности 7-06-0713-02 «Электронные системы и технологии» и ориентирована на изучение инновационных и энергосберегающих технологий производства современных электронных систем и приборов, используемых в средствах телекоммуникаций и в программно-управляемом оборудовании.

Воспитательное значение учебной дисциплины «Аддитивные технологии в производстве электронных систем» 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: изучение современных аддитивных технологических процессов инновационного производства электронных систем 3D-интеграции.

Задачи учебной дисциплины:

изучение физико-технических основ технологических процессов производства электронных приборов 3D-интеграции;

приобретение знаний в области разработки и внедрения автоматизированных технологических процессов и программно-управляемого технологического оборудования для производства электронных систем и приборов 3D-интеграции;

овладение методиками оптимизации параметров сложных

технологических процессов, оценки точности и настроенности технологического оборудования и контроля качества электронных приборов в соответствии с международными стандартами.

Базовыми учебными дисциплинами для учебной дисциплины «Аддитивные технологии в производстве электронных систем» являются знания, полученные при освоении образовательной программы общего высшего образования по специальности 6-05-0713-02 «Электронные системы и технологии». В свою очередь учебная дисциплина «Аддитивные технологии в производстве электронных систем» является базой для таких учебных дисциплин компонента учреждения образования, как «Адаптивные информационно-измерительные системы технологического оборудования», «Компьютерный инжиниринг и цифровое производство».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Аддитивные технологии в производстве электронных систем» формируются следующие компетенции:

универсальная: развивать инновационную восприимчивость и способность к инновационной деятельности;

углубленная профессиональная: проектировать технологии производства электронных систем с применением аддитивных технологий.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

знать:

функциональную структуру разрабатываемых 3D-систем (интеграция механической, электронной, оптической систем);

технологические процессы и оборудование для дискретного и группового методов формирования внутренних межсоединений и контактных систем;

современные методы сборки 3D-модулей (чип на чипе, пластина на пластине, корпус на корпусе);

эффективные методы контроля качества межсоединений на различных стадиях создания 3D-структур;

уметь:

работать с информацией из различных источников, включая источники на иностранном языке;

проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты экспериментов, защищать права на объекты интеллектуальной собственности;

организовать эффективную работу в коллективе, направленную на создание новых образцов 3D-систем и технологий их производства;

иметь навык:

обоснованного выбора композиционных материалов для корпусов, печатных плат, теплоотводов и герметизирующих структур для электронных

устройств, включая 3D-изделия, с заданными электрическими характеристиками и условия эксплуатации;

работы с прикладными пакетами автоматизированных систем научных исследований для моделирования и оптимизации технологических процессов производства изделий 3D-интеграции;

разработки программ работы программно-управляемого оборудования для формирования 3D-структур.

Примерная учебная программа рассчитана на 100 учебных часов, из них – 40 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 16 часов, лабораторные занятия – 24 часа.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия
Введение	2	2	
Раздел 1. Структура и классификация аддитивных технологий	2	2	
Тема 1. Определения, структура и классификация аддитивных технологий	2	2	
Раздел 2. Технология литых монтажных оснований для производства электронных систем	12	4	8
Тема 2. Основополагающие принципы MID-технологии	6	2	4
Тема 3. Материалы для изготовления деталей на 3D принтере	6	2	4
Раздел 3. Структурирование и металлизация 3D MID-оснований	6	2	4
Тема 4. Методы структурирования MID-оснований	6	2	4
Раздел 4. Технология сборки 3D-MID изделий	12	4	8
Тема 5. Монтаж компонентов на трехмерные основания	6	2	4
Тема 6. Аддитивные технологии межсоединений высокой плотности	6	2	4
Раздел 5. Технологии изготовления многослойных структур электронных модулей	6	2	4
Тема 7. Технология поверхностных ламинарных схем	6	2	4
Итого:	40	16	24

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

Основные направления интеграции электронных систем. Общее представление аддитивного производства. Преимущества аддитивного производства.

Раздел 1. СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Тема 1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Определения, структура и классификация аддитивных технологий. Современные аддитивные технологии инновационного производства электронных систем и приборов.

Раздел 2. ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЫХ МОНТАЖНЫХ ОСНОВАНИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Тема 2. ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ПРИНЦИПЫ MID-ТЕХНОЛОГИИ

Классификация 3D MID-оснований. Потенциальные возможности 3D MID-технологии. Факторы, обуславливающие выбор 3D MID-технологии. Области применения 3D MID-технологии. Типовой процесс изготовления 3D MID-изделий.

Тема 3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА 3D-ПРИНТЕРЕ

Органические проводящие и полупроводящие материалы, их характеристики и особенности применения. Высокотемпературные термопласты, их классификация и физико-механические свойства.

Раздел 3. СТРУКТУРИРОВАНИЕ И МЕТАЛЛИЗАЦИЯ 3D MID-ОСНОВАНИЙ

Тема 4. МЕТОДЫ СТРУКТУРИРОВАНИЯ MID-ОСНОВАНИЙ

Методы структурирования MID-оснований: плазменный, лазерный аддитивный и субтрактивный, литография, печатные технологии, горячее тиснение. Химические и физические методы металлизации MID-оснований.

Раздел 4. ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ 3D-MID ИЗДЕЛИЙ

Тема 5. МОНТАЖ КОМПОНЕНТОВ НА ТРЕХМЕРНЫЕ ОСНОВАНИЯ

Монтаж компонентов на трехмерные основания. Автоматизированное нанесение монтажных средств на поверхность 3D MID-изделий. Методы автоматизированной сборки.

Тема 6. АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

Характеристики и структуры электрических межсоединений высокой плотности (HDI). Материалы для изготовления микропереходов по технологии HDI. Аддитивные технологические процессы изготовления соединений высокой плотности

Раздел 5. ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

Тема 7. ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЛАМИНАРНЫХ СХЕМ

Структура (DV-PID). Технологии формирования микропереходов в подложках с помощью лазера. Технологии формирования микропереходов плазмой.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Гибсон, Я. Технология аддитивного производства / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. – Москва : Техносфера, 2020. – 648 с.
2. Франке, Й. 3D MID. Материалы, технологии, свойства: пер. с англ. яз. / Й. Франке, под ред. И. А. Волкова. – Санкт-Петербург : Профессия, 2014. – 336 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

3. Инновационные технологии и оборудование субмикронной электроники / под ред. А. П. Достанко. – Минск : Беларуская навука, 2020. – 260 с.
4. Ланин, В. Л. Аддитивные технологии инновационного производства. Лабораторный практикум : пособие / В. Л. Ланин, И. В. Самуйлов. – Минск : БГУИР, 2021. – 76 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЩАЮЩИХСЯ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

изучение учебного материала лекций и лабораторных работ с использованием электронных ресурсов,
подготовка отчетов к лабораторным занятиям с использованием компьютерной техники.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЩАЮЩИХСЯ

Примерным учебным планом по специальности 7-06-0713-02 «Электронные системы и технологии» в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Аддитивные технологии в производстве электронных систем» рекомендуется экзамен. Оценка учебных достижений обучающихся производится по десятибалльной шкале.

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

контрольная работа,
выборочный опрос на лекциях,
защита лабораторных работ.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

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

словесные методы (лекции, книги, беседы, дискуссии);
наглядные методы (видеоматериалы, явления, наглядные пособия);
практические методы (лабораторные работы).

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Разработка компьютерной модели для изготовления MID-изделий на 3D-принтере.
2. Исследование процесса изготовления MID-изделий на 3D-принтере.
3. Исследование технологии лазерного структурирования MID-изделий.
4. Технология сборки и монтажа интегрированных электронных модулей.
5. Микропроцессорное управление технологическими процессами пайки SMD-компонентов.
6. Исследование лазерной микропайки при сборке модулей 3D-интеграции.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

1. Comsol Multiphysics.
2. SolidWorkss Flow Simulation.