

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ В.А. Прытков

01.07.2019 г.

Регистрационный № УД-1-1203/уч.

«Аддитивные технологии инновационного производства»

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине
для специальности

1-39 80 03 «Электронные системы и технологии»

2019 г.

Учебная программа учреждения высшего образования составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-39 80 03-2019 и учебных планов специальности 1-39 80 03 «Электронные системы и технологии».

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 № 10 от 20.05.2019);

Н.В. Гапоненко, профессор кафедры микро- и наноэлектроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», доктор физико-математических наук.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению:

Кафедрой электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 21 от 27.05.2019);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 9 от 21.06.2019).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа рассчитана на 108 учебных часов (3 з.е.).

План учебной дисциплины в дневной форме обучения:

| Код специальности | Название специальности | Курс | Семестр | Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом уво) | | | | Академ. часов на курс. работу (проект) | Типовой расчет | Форма текущей аттестации |
|-------------------|----------------------------------|------|---------|--|--------|----------------------|--------------------------------|--|----------------|--------------------------|
| | | | | Всего | Лекции | Лабораторные занятия | Практические занятия, семинары | | | |
| 1-39 80 03 | Электронные системы и технологии | 1 | 1 | 40 | 20 | 20 | - | - | - | экзамен |

План учебной дисциплины в заочной форме обучения:

| Код специальности | Название специальности | Курс | Семестр | Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом уво) | | | | Академ. часов на курс. работу (проект) | Контрольные работы | Форма текущей аттестации |
|-------------------|----------------------------------|------|---------|--|--------|----------------------|--------------------------------|--|--------------------|--------------------------|
| | | | | Всего | Лекции | Лабораторные занятия | Практические занятия, семинары | | | |
| 1-39 80 03 | Электронные системы и технологии | 1 | 1 | 10 | 6 | 4 | - | - | 1 | экзамен |

Место учебной дисциплины.

Учебная дисциплина «Аддитивные технологии инновационного производства» является одной из основополагающих в технологической подготовке магистрантов, обучающихся по специальности 1-39 80 03 «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.

Цель учебной дисциплины: изучение аддитивных технологических процессов и программно-управляемого оборудования для инновационного производства электронных систем и приборов.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение физико-технологических основ аддитивных технологических процессов инновационного производства электронных систем и приборов;
- приобретение знаний в области разработки и внедрения автоматизированных аддитивных технологических процессов и программно-управляемого технологического оборудования для производства электронных систем и приборов;
- овладение методиками оптимизации параметров аддитивных технологических процессов, оценки точности и настроенности технологического оборудования и контроля качества электронных приборов в соответствии с международными стандартами.

В результате изучения учебной дисциплины «Аддитивные технологии инновационного производства» формируется следующая углубленная профессиональная компетенция:

УПК-5. Разрабатывать и применять на практике инновационные технологии производства электронных систем.

В результате изучения учебной дисциплины магистрант должен:

знать:

- современные аддитивные технологии инновационного производства электронных систем и приборов;
- основополагающие принципы и потенциальные возможности 3D MID-технологии;
- методы структурирования MID-оснований: плазменный, лазерный аддитивный и субтрактивный, литография, печатные технологии, горячее тиснение;
- методы монтажа компонентов на трехмерные основания, характеристики и структуры электрических межсоединений высокой плотности (HDI);

уметь:

- разрабатывать методики исследования новых аддитивных технологий, используя современное оборудование, компьютерную технику и цифровые приборы;
 - проводить исследования аддитивных технологий, анализировать результаты экспериментов, оптимизировать параметры технологических процессов инновационного производства;
 - организовывать эффективную работу в коллективе, направленную на разработку новых аддитивных технологий инновационного производства;
- владеть:*
- методиками обоснованного выбора аддитивных технологий для инновационного производства электронных систем и приборов;
 - прикладными пакетами АСНИ (автоматизированных систем научных исследований) для моделирования аддитивных технологических процессов производства электронных систем и приборов;
 - методиками разработки аддитивных технологий инновационного производства электронных систем и приборов.

Перечень учебных дисциплин, усвоение которых необходимо
для изучения данной учебной дисциплины

| № пп | Название учебной дисциплины | Раздел, тема |
|------|---|--|
| 1 | Инновационные технологии проектирования и производства электронных систем | Инновационные технологии и их классификация. Характеристики инновационных технологий производства электронных систем |
| 2 | Основы информационных технологий | Операционные системы, файловая система и основные приемы работы. Интегрированная операционная среда. Программные пакеты. |

1. Содержание учебной дисциплины

| № тем | Наименование разделов, тем | Содержание тем |
|-------|--|---|
| 1 | Структура и классификация аддитивных технологий | Основные направления интеграции электронных систем. Определения, структура и классификация аддитивных технологий. Современные аддитивные технологии инновационного производства электронных систем и приборов. |
| 2 | Технология литых монтажных оснований (MID) для производства электронных систем | 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. |
| 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. |
| 4 | Структурирование и металлизация 3D MID интеграции | Методы структурирования MID-оснований: плазменный, лазерный аддитивный и субтрактивный, литография, печатные технологии, горячее тиснение. Химические и физические методы металлизации MID-оснований. |
| 5 | Технология сборки 3D-MID изделий | Монтаж компонентов на трехмерные основания. Автоматизированное нанесение монтажных средств на поверхность 3D MID-изделий. Методы автоматизированной сборки. |
| 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. |
| 7 | Технологии изготовления многослойных структур электронных модулей с HDI | Технология поверхностных ламинарных схем (SLC). Структура (DV-PID). Технологии формирования микропереходов в подложках с помощью лазера. Технологии формирования микропереходов плазмой. Технология межсоединений с помощью утопленных столбиков (BВIT). |
| 8 | Межкомпонентные соединения LGA-компонентов | Характеристики и структура LGA-системы. Активные компоненты и переходники в LGA-системах. Технологические процессы сборки LGA-систем. |
| 9 | Технологии Pres-Fit при сборке электронных систем | Структура и характеристики межсоединений типа Pres-Fit. Материалы для Pres-Fit контактов. Технология сборки электронных модулей с межсоединениями типа Pres-Fit. |
| 10 | Контроль параметров 3D MID-изделий | Классификация разрушающих и неразрушающих методов контроля, их достоинства и недостатки. Контроль электрических и физико-механических характеристик. |

2. Информационно-методический раздел

2.1 Литература

2.1.1 Основная

1. Печатные платы : справочник : в 2 кн. Кн. 1 / под ред. К. Ф. Кумбза ; пер. с англ. под ред. А. М. Медведева. – М.: Техносфера, 2011. – 1016 с.

2. Франке, Й. 3D MID. Материалы, технологии, свойства / Й. Франке; пер. с англ. под ред. И. А. Волкова. – Санкт-Петербург : Профессия, 2014. – 336 с.

2.1.2 Дополнительная

3. Технологии субмикронных структур микроэлектроники / под ред. А. П. До- станко. – Минск : Беларуская навука, 2018. – 270 с.

2.2 Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методиче- ских указаний и материалов, технических средств обучения для выполнения лабо- раторных работ

2.2.1. 3D принтер Prusa I3.

2.2.2. Стенд «Технология VGA и COB».

2.2.3. Лазерная технологическая установка ЛОТИС (Беларусь).

2.2.4. Разрывная машина НТЦ-11.04.05 ЧПУП «НТЦ Центр» Беларусь.

2.3. Перечень тем лабораторных работ, их название

Основная цель проведения лабораторных занятий состоит в закреплении теоретического материала курса, приобретение навыков исследовательской работы, активизация самостоятельной работы магистрантов.

| № темы по п.1 | Наименование лабораторной работы | Содержание | Обеспечен- ность по пункту 2.2 |
|---------------|---|---|--------------------------------|
| 2 | Разработка программы изготовления MID-изделий на 3D принтере | Разработка компьютерной программы изготовления MID-изделий на 3D принтере. | 2.2.1 |
| 3 | Исследование процесса изготовления MID-изделий на 3D принтере | Исследование процесса изготовления MID-изделий на 3D принтере и определение оптимальных параметров процесса. | 2.2.1 |
| 4 | Исследование технологии лазерного структурирования MID-изделий | Исследование технологии лазерного структурирования MID-изделий. | 2.2.3 |
| 5 | Разработка технологии сборки и монтажа мехатронных интегрированных электронных систем | Разработка структуры технологического процесса сборки и монтажа мехатронных интегрированных электронных систем и модулей в среде TECHCAD. | 2.2.4 |
| 6 | Разработка технологии MID-изделий и карты свойств аддитивного про- | Разработка технологии MID-изделий на 3D принтере и карты свойств аддитивного процесса производства. | 2.2.4 |

| № темы по п.1 | Наименование лабораторной работы | Содержание | Обеспеченность по пункту 2.2 |
|---------------|----------------------------------|------------|------------------------------|
| | цесса | | |

2.4 Перечень рекомендуемых средств диагностики результатов учебной деятельности

Для диагностики результатов учебной деятельности могут использоваться следующие формы:

1. Контрольная работа.
2. Выборочный опрос на лекциях и лабораторных занятиях.
3. Защита лабораторных работ (ЛР).

2.5 Контрольная работа

В таблице приведены варианты контрольной работы.

| № темы по п.1 | Наименование контрольной работы | Содержание | Обеспеченность по пункту 2.2 |
|---------------|--|---|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Определения, структура и классификация аддитивных технологий | Структура и классификация аддитивных технологий инновационного производства электронных систем и приборов. | 2.2.1, 2.2.2 |
| 2-3 | Материалы и технология литых монтажных оснований (MID) для производства электронных систем | Классификация 3D MID-оснований. Области применения 3D MID-технологии. Типовой процесс изготовления 3D MID-изделий. Высокотемпературные термопласты, их классификация и физико-механические свойства. | 2.2.1, 2.2.2 |
| 4 | Структурирование и металлизация 3D MID интеграции | Методы структурирования MID-оснований: плазменный, лазерный аддитивный и субтрактивный, литография, печатные технологии, горячее тиснение. Химические и физические методы металлизации MID-оснований. | 2.2.1, 2.2.2 |
| 5 | Технология сборки 3D-MID изделий | Монтаж компонентов на трехмерные основания. Автоматизированное нанесение монтажных средств на поверхность 3D MID-изделий. Методы автоматизированной сборки 3D MID-изделий. | 2.2.1, 2.2.2 |
| 6 | Аддитивные технологии межсоединений высокой плотности | Характеристики и структуры электрических межсоединений высокой плотности (HDI). Материалы для изготовления микропереходов по технологии HDI. Аддитивные технологии межсоединений высокой плотности. | 2.2.3, |

| № темы по п.1 | Наименование контрольной работы | Содержание | Обеспеченность по пункту 2.2 |
|---------------|---|---|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 7 | Технологии изготовления многослойных структур электронных модулей с HDI | Технология изготовления многослойных структур с HDI. Технологии формирования микропереходов в подложках с помощью лазера и плазмой. Технология межсоединений с помощью утопленных столбиков (BVIТ). | 2.2.1, 2.2.2 |
| 8 | Межкомпонентные соединения LGA-компонентов | Характеристики и структура LGA-системы. Активные компоненты и переходники в LGA-системах. Технологические процессы сборки LGA-систем. | 2.2.1, 2.2.2 |
| 9 | Технологии Pres-Fit при сборке электронных систем | Структура и характеристики межсоединений типа Pres-Fit. Материалы для Pres-Fit контактов. Технология сборки электронных модулей с межсоединениями типа Pres-Fit. | 2.2.3 |
| 10 | Контроль параметров 3D MID-изделий | Классификация разрушающих и неразрушающих методов контроля, их достоинства и недостатки. Контроль электрических и физико-механических характеристик. | 2.2.1, 2.2.2 |

3.1 Учебно-методическая карта учебной дисциплины в дневной форме обучения

| Номер раздела, темы по п.1 | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | Самостоятельная работа, часы | Форма контроля знаний |
|----------------------------|--|-----------------------------|-----------|----|------------------------------|-----------------------|
| | | ЛК | Лаб. зан. | ПЗ | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Структура и классификация аддитивных технологий | 2 | | | 6 | Опрос |
| 2 | Технология литых монтажных оснований (MID) для производства электронных систем | 2 | 4 | | 6 | Опрос, защита ЛР |
| 3 | Материалы для изготовления деталей на 3D принтере | 2 | 4 | | 6 | Опрос, защита ЛР |
| 4 | Структурирование и металлизация 3D MID интеграции | 2 | 4 | | 8 | Опрос, защита ЛР |
| 5 | Технология сборки 3D-MID изделий | 2 | 4 | | 8 | Опрос, защита ЛР |
| 6 | Аддитивные технологии межсоединений высокой плотности | 2 | 4 | | 6 | Опрос, защита ЛР |
| 7 | Технологии изготовления многослойных структур электронных модулей с HDI | 2 | | | 8 | Опрос |
| 8 | Межкомпонентные соединения LGA-компонентов | 2 | | | 8 | Опрос |
| 9 | Технологии Pres-Fit при сборке электронных систем | 2 | | | 6 | Опрос |
| 10 | Контроль параметров 3D MID-изделий | 2 | | | 6 | Опрос |
| | Текущая аттестация | | | | | Экзамен |
| | Всего | 20 | 20 | - | 68 | |

3.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины в заочной форме обучения

| Номер раздела, темы по п.1 | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | Самостоятельная работа, часы | Форма контроля знаний |
|----------------------------|--|-----------------------------|-----------|----|------------------------------|--------------------------------------|
| | | ЛК | Лаб. зан. | ПЗ | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Структура и классификация аддитивных технологий | | | | 8 | Опрос, контрольная работа |
| 2 | Технология литых монтажных оснований (MID) для производства электронных систем | 2 | 2 | | 10 | Опрос, защита ЛР, контрольная работа |
| 3 | Материалы для печати деталей на 3D принтере | | | | 10 | Опрос, контрольная работа |
| 4 | Структурирование и металлизация 3D MID интеграции | 2 | | | 10 | Опрос, контрольная работа |
| 5 | Технология сборки 3D-MID изделий | | 2 | | 10 | Опрос, защита ЛР, контрольная работа |
| 6 | Аддитивные технологии межсоединений высокой плотности | | | | 10 | Опрос, контрольная работа |
| 7 | Технологии изготовления многослойных структур электронных модулей с HDI | 2 | | | 10 | Опрос, контрольная работа |
| 8 | Межкомпонентные соединения LGA-компонентов | | | | 10 | Опрос, контрольная работа |
| 9 | Технологии Pres-Fit при сборке электронных систем | | | | 10 | Опрос, контрольная работа |
| 10 | Контроль параметров 3D MID-изделий | | | | 10 | Опрос, контрольная работа |
| | Текущая аттестация | | | | | Экзамен |
| | Всего | 6 | 4 | - | 98 | |

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ УЧЕБНЫМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

| Перечень учебных дисциплин | Кафедра, обеспечивающая учебную дисциплину по п.1 | Предложения об изменениях в содержании по изучаемой учебной дисциплине | Подпись заведующего кафедрой, обеспечивающей учебную дисциплину по п.1, с указанием номера протокола и даты заседания кафедры |
|---|---|--|---|
| Инновационные технологии проектирования и производства электронных систем | ЭТТ | Предложений нет | <hr style="width: 20%; margin-left: auto; margin-right: auto;"/> <p style="text-align: center;">С.И. Мадвейко</p> <p style="text-align: center;">Протокол № 21 от 27.05.2019 г.</p> |

Заведующий кафедрой ЭТТ

С.И. Мадвейко