

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 (BVIТ).
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: 0 auto;"/> С.И. Мадвейко Протокол № 21 от 27.05.2019 г.

Заведующий кафедрой ЭТТ

С.И. Мадвейко