

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники».

УТВЕРЖДАЮ



И.о. проректора по УР

И.Г. Игнатова

2020

## **ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

**«Высокоплотные технологии для производства интеллектуальных сенсоров»**

Программа повышения квалификации разработана в Центре НТИ «Сенсорика»

Москва - 2020

## 1. Цель реализации программы

Целью реализации программы является получение новой компетенции: выбор и разработка технологических процессов производства высокоинтегрированных микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе» для создания сенсорных систем, соответствующей отдельным трудовым функциям (ТФ) профстандарта 29.005 «Специалист по технологии систем в корпусе»:

ОТФ D. Разработка, контроль и корректировка технологических маршрутов и технологических процессов изготовления «система в корпусе»:

- D/02.7 Выбор конструктивно-технологических вариантов создания пассивной части схемы с учетом конструкции корпуса и сборки изделий «система в корпусе»;

- D/03.7 Разработка технологического маршрута на изготовление изделий «система в корпусе» на основе технического задания,

и отдельным трудовым функциям (ТФ) профстандарта 29.006 «Специалист по проектированию систем в корпусе»:

ОТФ D. Разработка эскизного проекта, структурной схемы, схемотехнической модели и электрической принципиальной схемы «системы в корпусе»:

- D/04.7. Выбор технологии корпусирования и конструкции корпуса для изделий «система в корпусе».

## 2. Требования к результатам обучения

Формируемая профессиональная компетенция – выбор и разработка технологических процессов производства высокоинтегрированных микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе» для создания сенсорных систем.

В результате освоения данной программы слушатель должен:

**знать:**

- нормативно-техническую документацию и техническую литературу по высокоплотным технологиям изготовления микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе»;

- исполнения электронной компонентной базы для применения в сенсорных системах в исполнении микросборки;
- требования к хранению бескорпусных микросхем, компонентов и других комплектующих, применяемых при изготовлении сенсорных систем в исполнении «система в корпусе»;
- основы технологии изготовления коммутационных плат для высокоинтегрированных микросборок;
- основные материалы для производства микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе»;
- технологическое оборудование для производства сенсорных систем в исполнении «система в корпусе»;
- основы технологии сборки и монтажа бескорпусных микросхем на коммутационные подложки высокоинтегрированных микросборок;
- основы оформления технологической документации на микросборки, многокристальные модули или электронные модули уровня «система в корпусе».

***уметь:***

- пользоваться нормативно-технической документацией и стандартами;
- выбирать подходящие материалы для изготовления микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе» в зависимости от исходных технических требований;
- выбирать подходящее технологическое оборудования для производства микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе» в зависимости от исходных технических требований;
- выбирать метод микромонтажа бескорпусных микросхем на коммутационную подложку микросборки в зависимости от исходных условий и требований;
- оптимизировать этапы технологического процесса изготовления высокоинтегрированных микросборок;
- правильно читать технологическую документацию на изготовление микросборок;
- выбирать состав комплекта технологической документации в зависимости от типа изделия системы в корпусе.

### 3. Содержание программы Учебный план

#### программы повышения квалификации

##### «Высокоплотные технологии для производства интеллектуальных сенсоров»

Категория слушателей – сотрудники предприятий, профессиональной деятельностью которых является технологии производства высокоинтегрированных микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе» (инженер-конструктор, инженер-технолог, ведущий инженер-конструктор, ведущий инженер-технолог и другие инженеры, деятельность которых связана с технологиями изготовления систем в корпусе).

Срок обучения – 72 часа.

Форма обучения очная/очно-заочная/заочная с применением дистанционных образовательных технологий и электронных модулей.

№ п/ п	Наименование разделов / модулей	Всего, час	В том числе			Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ
			Аудиторных		Самостоятельная работа	
			Лекции	Практические и лабораторные занятия		
1	Материалы и оборудование для изготовления микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе»	16	12	4	-	ЭО
2	Технологии изготовления коммутационных плат для интеллектуальных сенсоров в	16	12	4	-	ЭО

	исполнении «система в корпусе»					
3	Технологии создания 2D, 2,5D и 3D микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе»	22	15	7	-	ЭО
4	Основы разработки высокоплотных электронных модулей уровня «система в корпусе»	16	10	6	-	ЭО
5	Итоговая аттестация (индивидуальное задание)	2	-	-	2	-
	<b>Всего:</b>	<b>72</b>	<b>49</b>	<b>21</b>	<b>2</b>	

**Учебно-тематический план  
программы повышения квалификации  
«Высокоплотные технологии для производства интеллектуальных сенсоров»**

№	Наименование модулей и микромодулей	Всего, час	В том числе		Самост оятель ная работа	Образов ательны е технолог ии, в том числе ЭО и (или) ДОТ
			Аудиторных			
			Лекци и	Практиче ские и лаборато рные занятия		

1	<b>Материалы и оборудование для изготовления микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе»</b>	16	12	4	-	ЭО
1.1	Материалы для изготовления микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе»	8	6	2	-	ЭО
1.2	Оборудование для изготовления микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе»	8	6	2	-	ЭО
2	<b>Технологии изготовления коммутационных плат для интеллектуальных сенсоров в исполнении «система в корпусе»</b>	16	12	4	-	ЭО
2.1	Жесткие коммутационные платы с высокой степенью интеграции	8	6	2	-	ЭО
2.2	Гибкие, гибко-жесткие и гибко-пластичные коммутационные платы для трёхмерной интеграции	8	6	2	-	ЭО
3	<b>Технологии создания 2D, 2,5D и 3D микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе»</b>	22	15	7	-	ЭО
3.1	Электронная компонентная база для монтажа в интеллектуальных сенсорах в исполнении «система в корпусе»	4	2	2	-	ЭО
3.2	Методы микромонтажа бескорпусных микросхем на	8	6	2	-	ЭО

	коммутационные подложки					
3.3	Микросборки, многокристальные модули, системы в корпусе (на основе технологий wire bond, flip-chip, embedded die, WLP, TSV, интерпозеры, 3D PLUS и другие)	8	6	2	-	ЭО
3.4	Особенности оформления технологической документации на микросборки, многокристальные модули или электронные модули уровня «система в корпусе».	2	1	1	-	ЭО
<b>4</b>	<b>Основы разработки высокоплотных электронных модулей уровня «система в корпусе»</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>ЭО</b>
4.1	САПР для проектирования электронных модулей уровня «система в корпусе»	2	2	0	-	ЭО
4.2	Создание топологии коммутационных подложек электронных модулей уровня «система в корпусе»	6	4	2	-	ЭО
4.3	Анализ и верификация электронных модулей уровня «система в корпусе»	4	2	2	-	ЭО
4.4	Особенности оформления конструкторской документации на электронные модули уровня «система в корпусе»	4	2	2	-	ЭО
<b>5</b>	<b>Итоговая аттестация (индивидуальное задание)</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>
	<b>Всего:</b>	<b>72</b>	<b>49</b>	<b>21</b>	<b>2</b>	

**Учебная программа  
повышения квалификации**

**«Высокоплотные технологии для производства интеллектуальных сенсоров»**

**Модуль 1. Материалы и оборудование для изготовления микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе» (16 часов)**

*Микромодуль 1.1* Материалы для изготовления микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе»:

- материалы для жестких подложек;
- материалы для гибких подложек;
- материалы для фиксации кристаллов;
- материалы диэлектрических слоёв;
- материалы для создания коммутации на плате;
- материалы для герметизации и защиты;
- материалы корпусов

*Микромодуль 1.2* Оборудование для изготовления микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе»:

- формирование переходных и сквозных отверстий;
- металлизация переходных и сквозных отверстий;
- формирование рисунка коммутации;
- формирование диэлектрических слоев;
- сращивание пластин;
- прецизионная сборка кристаллов и чип-компонентов на плату;
- установка полупроводниковых пластин на липкий носитель;
- утонение пластин;
- разделение пластин на кристаллы;
- обработка пластин в растворах и отмывка;
- совмещение и сборка в трёхмерную структуру;
- герметизация и заливка компаундом.

**Модуль 2. Технологии изготовления коммутационных плат для интеллектуальных сенсоров в исполнении «система в корпусе»**

*Микромодуль 2.1* Жесткие коммутационные платы с высокой степенью интеграции:

- технологии изготовления высокоинтегрированных коммутационных плат из кремния;

- технологии изготовления подложек на керамике;
- технологии изготовления многослойных металлодиэлектрических плат;
- технологии изготовления коммутационных плат из органических материалов;
- технологии изготовления подложек для работы в экстремальных условиях эксплуатации

**Микромодуль 2.2** Гибкие, гибко-жесткие и гибко-пластичные коммутационные платы для трёхмерной интеграции:

- технологии изготовления однослойных и многослойных гибких коммутационных плат;
- технологии изготовления гибко-жестких печатных плат;
- технологии изготовления гибко-пластичных и пластичных подложек.

**Модуль 3. Технологии создания 2D, 2,5D и 3D микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе»**

**Микромодуль 3.1** Электронная компонентная база для монтажа в интеллектуальных сенсорах в исполнении «система в корпусе»:

- в корпусном исполнении;
- в бескорпусном исполнении.

**Микромодуль 3.2** Методы микромонтажа бескорпусных микросхем на коммутационные подложки:

- проволочный монтаж;
- монтаж методом перевернутого кристалла;
- монтаж через сквозные металлизированные отверстия в подложке;
- беспаячный и бесспроволочный монтаж

**Микромодуль 3.3** Микросборки, многокристальные модули, системы в корпусе (на основе технологий wire bond, flip-chip, embedded die, WLP, TSV, интерпозеры, 3D PLUS и другие):

- микросистемы на основе методов проволочного монтажа (wire bond)
- микросистемы на основе технологий монтаж методом перевернутого кристалла (flip-chip);
- микросистемы на основе технологий внутреннего монтажа бескорпусных микросхем (embedded die)
- микросистемы на основе методов корпусирования кристаллов на уровне пластины (WLP);
- микросистемы на основе методов трёхмерного монтажа бескорпусных микросхем и интерпозеров с помощью сквозных металлизированных отверстий (TSV);

- микросистемы на основе методов торцевой коммутации уровней.

**Микромодуль 3.4** Особенности оформления технологической документации на микросборки, многокристальные модули или электронные модули уровня «система в корпусе»:

- виды и стадии разработки технологической документации;
- формы и правила оформления технологической документации;
- требования к комплектности и оформлению технологической документации

**Модуль 4. Основы разработки высокоплотных электронных модулей уровня «система в корпусе»**

**Микромодуль 4.1** САПР для проектирования электронных модулей уровня «система в корпусе»:

- Комплекс решений Mentor a Siemens Business;
- Cadence SiP Co-Design;
- SoC/Package/PCB САПР Zuken

**Микромодуль 4.2** Создание топологии коммутационных подложек электронных модулей уровня «система в корпусе»:

- Исходные данные для проектирования. Основные принципы проектирования топологии СвК. Интеграция подложек.
- Конструктивно-технологические ограничения. Структура подложек СвК. Размещение элементов и компонентов на подложке.
- Трассировка коммутационных подложек СвК. Ручная, интерактивная и автоматическая трассировка. Проблемы при трассировке.

**Микромодуль 4.3** Анализ и верификация электронных модулей уровня «система в корпусе»:

- Этапы верификации и подготовки производства
- Верификация схемы проекта (Xpedition Validate)
- Верификация электрических и тепловых параметров Системы-в-корпусе

**Микромодуль 4.4** Особенности оформления конструкторской документации на электронные модули уровня «система в корпусе»:

- Основы конструирования изделий «система в корпусе». Этапы разработки.
- Особенности оформления конструкторской документации на изделия «система в корпусе».

### Перечень практических занятий

Номер микромодуля	Наименование практического занятия	Кол-во часов
1.1-1.2	Выбор материалов и технологического оборудования для изготовления микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе» в зависимости от исходных технических требований	4
2.1-2.2	Технологические процессы изготовления коммутационных плат для высокоинтегрированных микросборок	4
3.1-3.3	Технологические процессы изготовления микросборок, многокристальных модулей и электронных модулей уровня «система в корпусе»	7
4.2-4.4	Проектирование высокоплотных электронных модулей уровня «система в корпусе»	6

### Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4. Материально-технические условия реализации программы

##### 4.1 Очная формы обучения

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Лекции	1. Аппаратное обеспечение: - 14 компьютеров, системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 500 Гб; сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 1 Тб. - мультимедийный проектор; - экран; - МФУ; 2. Программное обеспечение: - операционная система Windows 7, 64; - Adobe Reader; - Microsoft Office 2007;
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Практические занятия	

		- Маршрут Xpedition Enterprise VX.2.4 - AutoCAD Viewer
--	--	---

#### 4.2 Очно-заочная форма обучения

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и доступом в интернет	Лекции	1. Аппаратное обеспечение: - 14 компьютеров, системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 500 Гб; сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 1 Тб, монитор 19 дюймов - мультимедийный проектор; - видео-аудио гарнитура; - экран; - МФУ; 2. Программное обеспечение: - операционная система Windows 7, 64; - TeamViewer (для дистанционного обучения); - Skype (для дистанционного обучения); - Adobe Reader XI; - Microsoft Office 2007; - Маршрут Xpedition Enterprise VX.2.4 - AutoCAD Viewer.
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и доступом в интернет	Практические занятия	

#### 4.3 Электронная форма обучения

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
-	Лекции	1. Аппаратное обеспечение: - компьютер с параметрами не хуже: системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 500 Гб, сетевая карта Ethernet, монитор 19 дюймов

		<p>2. Программное обеспечение (версий не ниже указанных):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- операционная система Windows 7, 64;</li> <li>- Adobe Reader XI;</li> <li>- Microsoft Office 2007 (или аналогичным офисным пакетом с текстовым и графическим редакторами);</li> <li>- интернет браузер (например, google chrome, internet explorer, mozilla)</li> </ul>
	Практические занятия	<p>1. Аппаратное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 14 компьютеров, системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 500 Гб;</li> <li>сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 1 Тб, монитор 19 дюймов</li> <li>- видео-аудио гарнитура.</li> </ul> <p>2. Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- операционная система Windows 7, 64;</li> <li>- Adobe Reader XI;</li> <li>- Microsoft Office 2007 (или аналогичным офисным пакетом с текстовым и графическим редакторами);</li> <li>- интернет браузер (например, google chrome, internet explorer, mozilla)</li> <li>- TeamViewer (для удаленной работы);</li> <li>- Skype (для консультаций)</li> </ul>

## 5. Учебно-методическое обеспечение программы

### Основная литература:

1. Мылов Г.В. Печатные платы: выбор базовых материалов [Электронный ресурс] / Г.В. Мылов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2016. – 172 с. – Доступ к электронной версии книги открыт на сайте [https://e.lanbook.com/book/90138#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/90138#book_name).
2. Юрков Н.К. Технология производства электронных средств [Текст]: Учебник / Н.К. Юрков. – 2-е изд., испр. и доп. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2014. – 480 с. – (Учебник для вузов. Специальная литература). – Доступ к электронной версии книги открыт на сайте [https://e.lanbook.com/book/41019#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/41019#book_name).

3. Lu, D. Materials for advanced packaging: second edition / D. Lu, C. P. Wong – Springer, 2017. – 974 p.
4. Yan Li, Deepak Goal. 3D Microelectronic Packaging. From fundamentals to Applications / Springer. 2017. – 465 p. – ISBN 978-3-319-44584-7.
5. Swaminathan, M. WSPC Series in Advanced Integration and Packaging: Volume 2. Design and Modeling for 3D ICs and Interposers / M. Swaminathan, Ki Jin Han. – World Scientific, 2013. – 380 p.
6. Richard K. Ulrich, William D. Brown. Advanced Electronic Packaging, 2nd Edition. Wiley-IEEE Press, New York, 2006. – 840 p.
7. Вертянов Д.В., Сикоев В.Г., Горюнова Е.П., Тимошенко С.П. Центральная библиотека Library Manager. Часть 1. Комплексное проектирование микросистем на печатных платах в САПР Mentor Graphics - М.: МИЭТ, 2019. - 172 с.

#### **Дополнительная литература:**

1. Дмитриев, В. Д. Технология микросборок специального назначения [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. Д. Дмитриев, М. Н. Пиганов, С. В. Тюлевин, 2012. – 87 с.
2. Поляков В.И., Стародубцев Э.В. Проектирование гибридных тонкопленочных интегральных микросхем: учебное пособие по дисциплине «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. – 80 с.
3. Пиганов, М.Н. Технологические основы обеспечения качества микросборок: Учеб. Пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1999. – 231 с. – ISBN 5-7883-0088-6.
4. Данилина Т.И. Технология тонкопленочных микросхем: Учебное пособие. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2006. – 164 с.
5. Печатные платы: Справочник: В 2-х кн. Кн. 1 / Под ред. К.Ф. Кумбза; Пер. с англ. А.М. Медведева. – М.: Техносфера, 2011. - 1016 с. – (Мир электроники). – ISBN 978-5-94836-258-8.
6. Руководство пользователя Happy Holden. The HDI Handbook. First Edition. Mentor Graphics. – 2009. - 631 с.
7. Медведев А., Мылов Г. Технология в производстве электроники. Ч.3. Гибкие печатные платы. – М.: Группа ИДТ, 2008. – 488 с.
8. Романова, М. П. Сборка и монтаж интегральных микросхем: учебное пособие / М. П. Романова. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 95 с. ISBN 978-5-9795-0351-6.
9. Mark Fretz. Flip-chip bonding technologies for hybrid integration. 2009. – 166 p.
10. McPherson, R. J. Flexible, Ultra-Thin, Embedded Die Packaging [Текст]: дис. на соиск. учён. степ. Doctor of Philosophy (13.12.2010)/ R. G. McPherson; Graduate Faculty of Auburn University. – Auburn, Alabama, USA, 2010. – 106 p.

11. Abadie, M.M. High performance polymers – polyimides based – from chemistry to applications/ M. M. Abadie. – Croatia, Rijeka: Janeza Trdine 9, 2012. – 256 p.
12. Garrou P., Bower Ch., Ramm P. Handbook of 3D Integration. Technology and Applications of 3D Integrated Circuits. 2008.
13. Технологическая дорожная карта ИРС по электронике и радиоэлектронике. Москва: Техносфера, 2013. – 664 с.
14. Шелохвостов В.П., Чернышов В.Н. Проектирование интегральных микросхем: учебное пособие. - 2-е изд., стер. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 208 с.
15. Л.А. Коледов. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1989. – 400 с.
16. ГОСТ 26975-86. Микросборки. Термины и определения.
17. ГОСТ Р 54844-2011 Микросхемы интегральные. Основные размеры.
18. ГОСТ Р 53429-2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции.
19. ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды и комплектность конструкторских документов.

#### Перечень ресурсов сети «Интернет»

1.	<a href="http://www.3dic.org/">www.3dic.org/</a> FOWLP - Fan-Out Wafer-Level Packaging (FOWLP) / 3D IC Org. Энциклопедия 3D интеграции (дата обращения 28.02.20)
2.	<a href="http://www.3dincites.com/2019/06/fan-out-panel-level-packaging-comes-to-the-ectc-technology-corner">www.3dincites.com/2019/06/fan-out-panel-level-packaging-comes-to-the-ectc-technology-corner</a> - Von Trapp, F. Fan-out Panel-level Packaging Comes to the ECTC Technology Corner / F. Von Trapp. – 2019 (дата обращения 28.02.20)
3.	<a href="http://www.semiengineering.com/embedded-die-packaging-emerges">www.semiengineering.com/embedded-die-packaging-emerges</a> - Lapedus, M. Embedded die packaging emerges / Lapedus, M. – Semiconductor Engineering, 2018 (дата обращения 28.02.20)
4.	<a href="http://www.electroiq.com/2009/04/simplicity-leads-to-3d-packaging-success">www.electroiq.com/2009/04/simplicity-leads-to-3d-packaging-success</a> - Von Trapp, F. Simplicity Leads to 3D Packaging Success / F. Von Trapp (дата обращения 28.02.20)
5.	<a href="http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=8528">www.azom.com/article.aspx?ArticleID=8528</a> – XRM characterization for determining the reliability of wire bond packaging processes / AZO Materials, sponsored by Xradia, 2013 (дата обращения 28.02.20)
6.	<a href="http://www.3dincites.com/3d-incites-knowledge-portal/what-is-3d-integration">www.3dincites.com/3d-incites-knowledge-portal/what-is-3d-integration</a> - Electromagnetic modeling of three dimensional integrated circuits (дата обращения 28.02.20)

7.	<a href="http://www.sitrigroup.com/wp-content/uploads/2016/06/1.-Where-is-the-packaging-technology-drifting_Amkor.pdf">www.sitrigroup.com/wp-content/uploads/2016/06/1.-Where-is-the-packaging-technology-drifting_Amkor.pdf</a> Lee, C. Where is the Packaging Technology Drifting?: Speed/Flexibility / C. Lee // Amkor Technology (дата обращения 28.02.20)
8.	<a href="http://www.memscyclopedia.org/su8.html">www.memscyclopedia.org/su8.html</a> - Chollet, F. SU-8: Thick Photo-Resist for MEMS / F.Chollet, MEMSCYCLOPEDIA. Free MEMS Encyclopedia, 2018 (дата обращения 28.02.20)
9.	<a href="http://www.pcdandf.com">www.pcdandf.com</a> - The PCB Magazine is published by BR Publishing (дата обращения 28.02.20)
10.	<a href="http://www.sustainabledevelopmentmagazine.com">www.sustainabledevelopmentmagazine.com</a> - Sustainable Development Magazine (дата обращения 28.02.20)
11.	<a href="http://www.ipc.org">www.ipc.org</a> – Сайт международного института по сборке и монтажу электронных схем
12	<a href="http://www.mentor.com">www.mentor.com</a> - The EDA Technology Leader - Mentor Graphics
13.	<a href="http://www.electronicx.ru">www.electronicx.ru</a> - Портал разработчиков электроники

## 6. Оценка качества освоения программы

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценки результатов выполнения тестирования (проверка знаний) и практических заданий (проверка умений). Примеры вопросов и заданий приведены в приложении 1. Обучающийся может перейти к выполнению заданий следующего модуля только после успешного завершения заданий текущего модуля. Контроль проводит преподаватель.

Условия начисления баллов за прохождение теста (из 20 вопросов) в каждом модуле:

- наличие 100% верных ответов, 6 баллов;
- наличие 50% верных ответов, 3 балла;
- наличие одного верного ответа, 1 балл;
- ни одного верного ответа, 0 баллов.

Максимальное количество баллов за прохождение тестов в 4-х модулях – 24 балла.

Условия начисления баллов за выполнение практического задания (от 3 до 5 упражнений в форме теста) в каждом модуле:

- наличие 100% выполненных правильно упражнений, 12 баллов;

- наличие 50% выполненных правильно упражнений, 6 баллов;
- наличие одного выполненного правильно упражнения, 2 балла;
- ни одного выполненного правильно упражнения, 0 баллов.

Максимальное количество баллов за выполнение практических заданий в 4-х модулях – 48 баллов.

Итоговый контроль проводится комиссией, состоящей из преподавателей и представителей профессионального сообщества по результатам защиты выполненного итогового индивидуального задания (проверка опыта деятельности). Примеры тем индивидуальных заданий приведены в приложении 2.

Итоговое индивидуальное задание оценивается максимум 28 баллами.

Максимальный балл (28) ставится в случае полностью выполненного индивидуального задания без ошибок.

Средний балл (14) ставится в случае выполненного индивидуального задания с ошибками, но не более 3.

Минимальный балл (7) ставится в случае не полностью выполненного индивидуального задания с ошибками.

Структура и сроки сдачи контрольных мероприятий, а также детальная схема начисления баллов представлена в таблице ниже.

Структура и график контрольных мероприятий

Контрольные мероприятия	T1	Пр1	T2	Пр2	T3	Пр3	T4	Пр4	Итоговое индивидуальное задание	ИТОГО
Максимальный балл	6	12	6	12	6	12	6	12	28*	100

\*Итоговое индивидуальное задание является обязательным для получения положительной итоговой оценки.

T1 – T4, тесты модулей №1-4.

Пр1 – Пр4, практические задания модулей №1-4.

## 7. Составитель программы

Вертянов Д.В., ст. преподаватель, руководитель УНЦ МГ Института НМСТ

Согласовано: Директор ДРОП

Н.Ю. Соколова

### Примеры вопросов для тестирования

1. Расшифруйте аббревиатуру МКМ.
2. Какую адгезионную прочность обеспечивает метод формирования ПМВ?
3. Выберите верную расшифровку аббревиатуры SiP.
4. Какой материал используется для электроосаждения в окна маски из полиимида во время формирования ПМВ на подготовленные контактные площадки кристаллов?
5. Назовите диапазон размеров припойных бампов в технологии микроэлектроники по методу термокомпрессионной сварки для формирования вывод на контактных площадках кристаллов?
6. Какое содержание паров воды в подкорпусном объёме должны обеспечивать применяемые в конструкции «система в корпусе» материалы?
7. Какие операции технологического процесса изготовления изделий «система в корпусе» должны быть охвачены статистическим контролем?
8. Какой материал подложки применяется для мощных и СВЧ «система в корпусе»?
9. До какой максимальной температуры может выдерживать полиимидная плёнка?
10. Укажите правильную аббревиатуру технологии вертикальных межсоединений в кремнии при создании 3D-интегрированных структур?
11. Впишите недостающие слова в текст определения «многокристалльный модуль».
12. Что такое метод монтажа flip-chip?
13. Какой из корпусов обладает хорошей влагонепроницаемостью?
14. Какой из корпусов обладает наилучшей теплопроводностью?
15. Что означает аббревиатура WLP?
16. Назовите способ монтажа бескорпусных микросхем на коммутационную плату, при котором достигаются минимальные задержки сигнала, минимальные паразитные явления индуктивной или конденсаторной природы, а также повышенная надежность соединений?
17. Какая технология микромонтажа бескорпусных микросхем в процессе корпусирования позволяет обеспечить максимальную степень интеграции?
18. Выберите факторы воздействия пыли на СвК.

19. Какой уровень конструкторской иерархии радиоэлектронной аппаратуры занимают МСБ и СвК?

20. В комплект конструкторской документации на МСБ должны входить.

### **Примеры типовых заданий для практических занятий**

1. Расположите в правильном порядке технологические операции изготовления коммутационной подложки по комбинированной позитивной технологии.

2. Установите правильное соответствие между изображением установки и наименованием операции, которая на ней должна выполняться.

3. Установите соответствие между изображением двух методов формирования бампов на контактных площадках кристаллов и нижеперечисленных характеристик, описаний процессов.

4. Установите правильное соответствие между рисунками и наименованиями методов формирования мягких объемных шариковых выводов.

5. «Расположите правильно номера напротив соответствующих типов материалов/наименований материалов для одного из групповых методов формирования мягких объемных шариковых выводов изображенного на рисунке ниже:».

Приложение 2.

### **Примерные темы индивидуальных заданий на итоговом контроле**

1. Выбор материалов и технологического оборудования для изготовления микросборки в зависимости от исходных технических требований.

2. Оформление сборочного чертежа на электронный модуль уровня «система в корпусе» от исходных технических требований.

3. Определение технологических процессов изготовления коммутационной платы высокоинтегрированной микросборки в зависимости от исходных технических требований.

4. Определение технологических процессов изготовления многокристального модуля в зависимости от исходных технических требований.