

Б1. В. Д. В. 1. 2.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А.


(подпись)

2014 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Конструктивно-технологические особенности сборки 3D-изделий микроэлектроники
(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности):

11.06.01. Электроника, радиотехника и системы связи
(код, наименование)

Профиль подготовки (специализация): 05.27.01 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах
(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)


Форма обучения очная Срок обучения нормативный

Кафедра полупроводниковой электроники и нанoeлектроники
(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: Зенин В.В., д.т.н.
(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)


Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии ФРТЭ
(наименование факультета)

Протокол № 9 от «16» 05 2014 г.

Председатель методической комиссии 
(Ф.И.О)

Воронеж 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 (ФГБОУ ВПО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
 Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники
 проф. Небольсин В.А. 
 (подпись)
 2014 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Конструктивно-технологические особенности сборки 3D-изделий микроэлектроники
 (наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и наноэлектроники

Направление подготовки (специальности):

11.06.01. Электроника, радиотехника и системы связи
 (код, наименование)

Профиль: 05.27.01 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

(название профиля по УП)

Часов по УП: 108; Часов по РПД: 108;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 108; Часов по РПД: 108;

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП: -

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД: -

Часов на самостоятельную работу по УП: 48 (44,5%);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 48 (44,5%)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 3;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 0; Зачеты - 2; Курсовые проекты - 0;

Курсовые работы - 0.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ курса									
	1		2		3		4		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции			30	30					30	30
Лабораторные			-	-					-	-
Практические			30	30					30	30
Ауд. занятия			60	60					60	60
Сам. работа			48	48					48	48
Итого			108	108					108	108

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины по направлению подготовки 11.06.01. Электроника, радиотехника и системы связи утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 30 июля 2014 г. N 876

Программу составил: _____ д.т.н., Зенин В.В.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки аспирантов **05.27.01 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах**

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

протокол № _____ от _____ 2014 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины:
1.1.1	освоение аспирантами комплекса практических и теоретических знаний, позволяющих им ориентироваться в технологиях производства 3D - изделий микроэлектроники
1.1.2	научить аспирантов самостоятельно ориентироваться в конструктивно-технологических особенностях 3D - изделий микроэлектроники
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	изучение конструктивно-технологических основ процессов сборки 3D - изделий микроэлектроники
1.2.2	анализ физических процессов, лежащих в основе перспективных технологий сборочных операций
1.2.3	ознакомление с перспективным технологическим оборудованием для сборки и контроля качества сформированных контактных соединений
1.2.4	анализ существующих методов контроля качества внутренних межсоединений: на стадии разработки; на операции формирования соединений; при эксплуатации 3D - изделий микроэлектроники

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1.В.ДВ		код дисциплины в УП: Б1.В. ВД.1.2
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося		
Для успешного освоения дисциплины аспирант должен иметь базовую подготовку по направлению подготовки магистров 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» программа магистерской подготовки «Приборы и устройства в микро- и нанoeлектронике»		
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее		
Б1.В.ОД.1	Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах	
Б1.В.ОД.3	Диагностические методы контроля качества и надежности интегральных схем	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-1	способностью строить физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
ПК-2	способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

ПК-3	готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
------	--

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	особенности производства на современном этапе 3D - изделий микроэлектроники (ПК-1, ПК-2, ПК-3)
3.1.2	основные этапы технологии производства аналогичных изделий (ПК-3)
3.1.3	перспективные направления исследований (ПК-1, ПК-2, ПК-3)
3.1.4	основное оборудование и методы контроля технологических операций 3D - изделий микроэлектроники (ПК-3)
3.1.5	функциональные структуры разрабатываемых 3D систем (интеграция механической, электронной, оптической и биологической систем) (ПК-3)
3.1.6	физико-механические и технологические свойства материалов, корпусов, печатных плат, теплоотводов, а также металлизации на кристаллах и корпусах полупроводниковых изделий (ПК-1, ПК-2, ПК-3)
3.1.7	специальные методы сборки 3D изделий, включая межсоединения кристаллов через металлизированные отверстия, совмещение и монтаж, формирование столбиковых выводов на контактных площадках кристаллов (корпусов) для сборки методом flip-chip и др. (ПК-3)
3.1.8	существующие методы 3D интеграции (чип на чипе, пластина на пластине, корпус на корпусе); способы и устройства для отвода тепла (ПК-3)
3.1.9	технологические процессы 3D интеграции (ПК-3)
3.1.10	физические основы соединений материалов в твердой фазе, плавлением и пайкой, современные методы контроля качества соединяемых элементов, в том числе разрушающие и неразрушающие (ПК-1, ПК-2, ПК-3)
3.2	Уметь:
3.2.1	работать с информацией из различных источников (ПК-1, ПК-2)
3.2.2	работать на установках пайки и монтажа кристаллов и на установках присоединения внутренних выводов (проволочных, ленточных, шариковых) (ПК-3)
3.2.3	оптимизировать технологические процессы сборки 3D изделий (ПК-3)
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками выбора оптимальных способов монтажа в производстве 3D - изделий микроэлектроники (ПК-1, ПК-2, ПК-3)
3.3.2	методами обработки научно-технической информации и разработки новых способов и технологических процессов 3D интеграции (ПК-1, ПК-2, ПК-3)
3.3.3	методами расчета остаточных напряжений при монтаже кристаллов методом flip-chip к корпусам (ПК-3)

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Курс	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Основные полупроводниковые материалы и сплавы в 3D-изделиях микроэлектроники	2	1-3	5	5	-	8	18
2	Пленочная металлизация на кристаллах и корпусах для сборочных операций	2	4-6	5	5	-	8	18
3	Способы и технологии монтажа кристаллов в 3D –изделиях микроэлектроники	2	7-9	5	5	-	8	18
4	Монтаж кристаллов на основания корпусов по технологии «flip-chip»	2	10-12	5	5	-	8	18
5	Особенности монтажа стековых сборок кристаллов	2	12-15	5	5	-	8	18
6	Конструктивно – технологические особенности формирования внутренних соединений в 3D – изделиях микроэлектроники	2	16-18	5	5	-	8	18
Итого часов				30	30	-	48	108

4.1. Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекций	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
1. Основные полупроводниковые материалы и сплавы в 3D-изделиях микроэлектроники		5	
1-3	Параметры основных полупроводниковых материалов (GaAs, Si, GaN) для приборов экстремальной электроники. Проволока микронных размеров и конструкции инструментов для монтажа внутренних соединений	5	
2. Пленочная металлизация на кристаллах и корпусах для сборочных операций		5	
4-6	Покрытия кристаллов/корпусов для сборочных операций. Медная металлизация на кристаллах. Особенности нанесения	5	

3. Способы и технологии монтажа кристаллов в 3D – изделиях микроэлектроники		5	
7-9	Монтаж на клей и пасту. Соединения кристаллов с использованием липких лент	5	
4. Монтаж кристаллов на основания корпусов по технологии «flip-chip»		5	
10-12	Способы и технологии формирования припойных шариков на кристаллах в составе пластины. Нанесение золотых столбиков («бампов»)	5	
5. Особенности монтажа стекловых сборок кристаллов		5	
12-15	Способы и оборудование для монтажа стекловых сборок 3D-изделий. Особенности контроля качества стекловых сборок	5	
6. Конструктивно – технологические особенности формирования внутренних соединений в 3D – изделиях микроэлектроники		5	
16-18	Проволочный монтаж внутренних соединений «кристалл-корпус». Возможности монтажа внутренних соединений с использованием паучковых выводов	5	
Итого часов		30	-

4.2. Практика

Неделя семестра	Тема и содержание практических занятий	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
1. Основные полупроводниковые материалы и сплавы в 3D-изделиях микроэлектроники		5	-
1-3	Анализ физико-механических свойств материалов. Перспективные материалы в технологии производства 3D изделий	5	
2. Пленочная металлизация на кристаллах и корпусах для сборочных операций		5	
4-6	Алюминиевая и медная металлизация на контактных площадках кристаллов. Анализ покрытий корпусов под сборочные операции	5	
3. Способы и технологии монтажа кристаллов в 3D – изделиях микроэлектроники		5	
7-9	Анализ свойств клеев, паст и липких лент. Разработка основных технологических операций при сборке кристаллов с использованием клеев, паст и липких лент	5	
4. Монтаж кристаллов на основания корпусов по технологии «flip-chip»		5	

10-12	Расчет прочности на сдвиг припойных шариков различных размеров. Расчет прочности на сдвиг золотых столбиков различных размеров	5	
5. Особенности монтажа стековых сборок кристаллов		5	
12-15	Разработка технологии сборки 3D изделий методом TSV. Выбор оптимальных способов контроля качества стековыхборок	5	
6. Конструктивно – технологические особенности формирования внутренних соединений в 3D – изделиях микроэлектроники		5	
16-18	Расчет прочности проволочных соединений «кристалл-корпус». Расчет прочности соединений паучковых выводов с кристаллом	5	
Итого часов		30	-

4.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	2
2	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	2
3	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	2
4	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	2
5	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	2
6	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	2
7	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	3
8	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	3
9	Работа с конспектом лекций, с учебником	Допуск к выполнению пр.	3

	ником Подготовка к выполнению пр. работы	работы, отчет	
10	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	3
11	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	3
12	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	3
13	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	3
14	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	3
15	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	3
16	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	3
17	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к выполнению пр. работы	Допуск к выполнению пр. работы, отчет	3
18	Подготовка к выполнению пр. работы Подготовка к зачету	Отчет, защита	3
Итого часов			48

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Практические занятия: – выполнение практических заданий; – защита выполненных работ;
5.4	самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка к практическим занятиям, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка отчетов, – подготовка к текущему контролю успеваемости, к зачету
5.5	консультации по всем вопросам учебной программы.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1	Контрольные вопросы и задания
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: – контрольные работы; – отчет и защита выполненных практических работ.
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения входного, текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает примерные варианты контрольных работ, вопросы к зачету.
6.2	Темы письменных работ:
6.2.1	Контрольная работа по теме «Пленочная металлизация на кристаллах и корпусах для сборочных операций»
6.2.2	Контрольная работа по теме «Способ монтажа кристаллов на основания корпусов»
6.3	Другие виды контроля
6.3.1	Тесты по темам: «Разработка технологии пайки кристаллов на основания корпусов» «Разработка технологии монтажа внутренних соединений»

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
7.1.1 Основная литература				
1	Ефимов И.Е.	Основы микроэлектроники : Учебник / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь. - 3-е изд., стереотип. - СПб. : Лань, 2008. - 384 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0866-5 : 374-70.	208 Печатный	1.0
2	Коледов Л.А.	Технологии и конструкции микросхем, микропроцессов и микросборки : Учеб. пособие / Л. А. Коледов. - 3-е изд., стереотип. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2009. - 400 с. : ил. - ISBN 978-5-8114-0766-8 : 349-70.	2009 Печатный	1.0

3	Турцевич А.С.	Технология герметизации интегральных схем с пониженным содержанием подкорпусной влаги : Монография / А. С. Турцевич. - Минск : Интегралполиграф, 2013. - 192 с. - ISBN 978-985-6845-40-9 : 300-00.	2013 Печатный	0.1
4	Пасынков В.В.	Полупроводниковые приборы : Учеб. пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - М. : Лань, 2009. - 480 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - (Допущ. МО). - ISBN 978-5-8114-0368-4.	2009 Печатный	0
7.1.2. Дополнительная литература				
1	Зенин, В.В.	Процессы сборки в технологии производства 3-D-изделий микроэлектроники [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В. В. Зенин. - Электрон. текстовые, граф. дан. (17,3 Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2011. - 1 файл. - 30-00.	2011 Магнитный носитель	1
7.1.3. Методические разработки				
1	Зенин В.В., Землянский А.И.	Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Перспективные технологические процессы и оборудование для производства ИС и 3D изделий микроэлектроники" для студентов направления 16.04.01 "Техническая физика" (магистерская программа подготовки "Физика и техника полупроводников") очной формы обучения [Электронный ресурс] / Каф. полупроводниковой электроники и наноэлектроники; Сост.: В. В. Зе-	2014 Магнитный носитель	1

