МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«6» 07 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Направленность (профиль) программы Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 3 **Семестр** 6

Учебный план набора 2016 года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции						34			34	часа
2.	Лабораторные работы						16			16	часов
3.	Практические занятия						20			20	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)						-			-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)						70			70	часов
6.	Из них в интерактивной форме						10			10	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)						38			38	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)						108			108	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена						36			36	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)						144			144	часов
	(в зачетных единицах)						4			4	ЗЕ

Экзамен 6 **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 388

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № от «___» _____ 20__ г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (квалификация (степень) бакалавр), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 6 марта 2015 г. № 177, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «30» 06 2016 г., протокол № 71.

Разработчик:
Доцент кафедры ФЭ _____ / И.А. Чистоедова

Заведующий кафедрой
Профессор кафедры ФЭ _____ / П.Е. Троян

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки.

Декан ФЭТ _____ / А.И. Воронин

Зав. профилирующей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Зав. выпускающей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Эксперты:
Председатель методической комиссии факультета ФЭТ _____ / И.А.Чистоедова

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ _____ / И.А. Чистоедова

Согласована на портале № 388

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование базовых знаний в области технологии электронной компонентной базы, позволяющего выпускнику обладать предметно-специализированными компетенциями.

Данная учебная дисциплина имеет перед собой задачу показать физическую сущность используемых в микро- и наноэлектронике технологических процессов и привить обучающемуся комплексный научный подход к выбору методов и процессов формирования электронной компонентной базы.

Результатом обучения должно быть приобретение компетенций по основным, базовым процессам технологии для применения их в научных исследованиях, разработке и производстве изделий микро- и наноэлектроники, микросистемной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Место дисциплины в структуре ООП: дисциплина относится к вариативной части блока 1 (Б1.В.ОД.6) образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике» направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: "Материалы электронной техники", "Физические основы электроники", "Физика конденсированного состояния", «Физика пленочных наноструктур».

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при изучении дисциплин "Проектирование электронной компонентной базы микроэлектроники и микросистемной техники", "Технология кремниевой наноэлектроники", «Процессы микро- и нанотехнологии».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование у бакалавров следующих *профессиональных* (ПК) и *профессионально-специализированных* (ПСК) компетенций:

- готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-8);
- готовность работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-10);
- готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники (ПСК-2).

3.2. В результате изучения дисциплины бакалавр должен:

знать:

физико-технологические основы процессов производства изделий электронной компонентной базы, особенности проведения отдельных технологических операций;

уметь:

рассчитать физико-технологические режимы проведения технологических процессов для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами;

владеть:

– навыками выбора и применения основных операций технологии создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей;

- навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы.

Согласована на портале № 388

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет ___4___ зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	**70**	**70**
В том числе:	-	
Лекции	34	34
Лабораторные работы	16	16
Практические занятия	20	20
Самостоятельная работа (всего)	**38**	**38**
В том числе:	-	
Проработка лекционного материала	4	4
Подготовка к лабораторным работам	12	12
Выполнение практических заданий	4	4
Выполнение и защита индивидуальных заданий ИЗ-1, ИЗ-2	14	14
Подготовка к контрольным работам КР-1, КР-2	4	4
Подготовка к экзамену	36	36
Общая трудоемкость, час	**144**	**144**
Зачетные Единицы	**4**	**4**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Введение, цели и задачи дисциплины	2	-	-	2	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
2.	Производственная чистота, гигиена и безопасность	2	-	-	2	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
3.	Литографические процессы в технологии электронных средств	6	6	4	14	30	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
4.	Технология плазменных процессов	4	2	-	2	8	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
5.	Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме	6	4	4	12	26	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
6.	Ионно-плазменные методы получения тонких пленок	6	4	4	12	26	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
7.	Технология формирования тонкопленочных ИМС	4	2	4	14	24	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
8.	Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС	2	2	-	10	14	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
9.	Технология сборочных процессов	2	-	-	6	8	ПК-8, ПК-10, ПСК-2

Согласована на портале № 388

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Введение, цели и задачи дисциплины	Цели и задачи курса. Требования к объему знаний по дисциплине. Этапы развития и современное состояние технологии материалов и приборов макро-, микро- и наноэлектроники. Основные процессы технологии электронной компонентной базы.	2	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
2.	Производственная чистота, гигиена и безопасность	Чистые помещения: классификация производственных помещений по чистоте воздушной среды и микроклимату, источники загрязнений, способы обеспечения и поддержания чистоты. Вакуум: глубина вакуума, средства откачки и методы контроля. Технологические среды: чистота материалов, воды, газовых сред и жидкостей. Аппаратура и элементы газовых и жидкостных систем. Базовые операции очистки жидких и газообразных сред. Очистка поверхности пластин. Безопасность работы в чистых помещениях: токсичные, взрывоопасные и пожароопасные среды. Утилизация отходов.	2	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
3.	Литографические процессы в технологии электронных средств	Классификация процессов литографии. Физико-химические основы процесса фотолитографии. Материалы фоторезистов и их свойства. Способы экспонирования: контактная фотолитография, фотолитография с зазором, проекционная ФЛ. Технология изготовления фотошаблонов (ФШ). Погрешности изготовления ФШ. Оптические эффекты при фотолитографии. Методы и технология формирования рисунка интегральных схем.	6	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
4.	Технология плазменных процессов	Взаимодействие энергетических ионов с материалами. Физико-химические процессы в низкотемпературной газоразрядной плазме. Процессы травления и очистки материалов с использованием НГП. Основы ионного травления, плазмохимического травления и ионно-химического травления материалов.	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
5.	Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме	Формирование молекулярного потока. Физика термического испарения в вакууме. Скорость конденсации. Механизм испарения соединений и сплавов. Способы испарения	6	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
6.	Ионно-плазменные методы получения тонких пленок	Физика ионного распыления. Модель ионного распыления. Закономерности распыления. Теория ионного распыления. Скорость осаждения пленок. Получение пленок ионно-плазменным распылением.	6	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
7.	Технология формирования тонкопленочных ИМС	Подложки. Тонкопленочные резисторы, конденсаторы, индуктивности. Выбор материалов. Технологические погрешности. Проводники и контактные площадки.	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
8.	Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС	Формирование тонкопленочных ИМС с применением прямых и обратных контактных масок.	2	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
9.	Технология сборочных процессов	Разделение пластин на кристаллы. Методы крепления кристаллов в корпусе прибора. Методы присоединения внешних выводов. Сборка приборов на ленточный носитель. Методы герметизации корпусов приборов.	2	ПК-8, ПК-10, ПСК-2

Согласована на портале № 388

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Предшествующие дисциплины												
1.	Материалы электронной техники		+	+	+	+	+	+	+	+		
2.	Физические основы электроники	+		+	+	+	+	+	+	+		
3.	Физика конденсированного состояния		+	+	+	+	+	+	+	+		
4.	Физика пленочных наноструктур	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Последующие дисциплины												
1.	Технология кремниевой наноэлектроники	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
2.	Проектирование электронной компонентной базы микроэлектроники и микросистемной техники	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
3.	Процессы микро- и нанотехнологии	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Виды занятий				Формы контроля
	Л	ПЗ	Лаб	СРС	
ПК-8	+	+	+	+	Опрос на лекциях. Защита индивидуального задания. Защита отчетов по практическим занятиям. Защита отчетов по лабораторным занятиям. Контрольная работа.
ПК-10	+	+	+	+	Опрос на лекциях. Защита индивидуального задания. Защита отчетов по практическим занятиям. Защита отчетов по лабораторным занятиям. Контрольная работа.
ПСК-2	+	+	+	+	Опрос на лекциях. Защита индивидуального задания. Защита отчетов по лабораторным занятиям. Защита отчетов по практическим занятиям. Контрольная работа.

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы \ Формы	Лекции (час)	Лабораторные работы (час)	Всего
Работа в команде		6	6
Опрос на лекциях	4		4
Итого интерактивных занятий	4	6	10

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	3	Технологический процесс фотолитографии	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
2.	5-8	Осаждение резистивных и проводящих плёнок	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
3.	5-8	Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
4.	7	Изучение погрешности изготовления тонкопленочных резисторов	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2

Согласована на портале № 388

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	3	Технология получения рисунка интегральных микросхем	6	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
2.	3	Технология изготовления фотошаблонов	2	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
3.	5	Расчет режимов напыления пленок методом термического испарения в вакууме	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
4.	6	Расчет режимов напыления пленок методом ионно-плазменного распыления в вакууме	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
5.	7	Расчет технологической погрешности изготовления элементов ИМС	2	ПК-8, ПК-10, ПСК-2
6.	8-9	Разработка технологического маршрута изготовления тонкопленочных ИМС	2	ПК-8, ПК-10, ПСК-2

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	1-9	Проработка лекционного материала	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2	Опрос на лекциях
2.	3, 5-9	Проработка лекционного материала при подготовке к практическим занятиям	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2	Отчеты по практическим работам
3.	1-9	Проработка лекционного материала при подготовке к контрольным работам	4	ПК-8, ПК-10, ПСК-2	Результаты контрольных работ
4.	3, 5-8	Подготовка к лабораторным работам	12	ПК-8, ПК-10, ПСК-2	Отчеты по лабораторным работам
5.	1-9	Выполнение и защита индивидуальных заданий ИЗ-1, ИЗ-2	14	ПК-8, ПК-10, ПСК-2	Защита индивидуальных заданий
6.	1-9	Подготовка и сдача экзамена	36	ПК-8, ПК-10, ПСК-2	Оценка за экзамен

Тематика индивидуальных заданий:

Тема индивидуального задания № 1:
Технология формирования тонкопленочных покрытий
Варианты приведены в учебно-методическом пособии (п.12.3.2).

Тема индивидуального задания № 2:
Технология изготовления фрагмента пленочной ИМС. Расчет режимов получения пленок.
Варианты приведены в учебно-методическом пособии (п.12.3.2).

Тема контрольной работы № 1: *Технология литографических и плазменных процессов* (Разделы 2-4 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п.12.3.2).

Тема контрольной работы № 2: *Технология формирования тонкопленочных покрытий* (Разделы 5-9 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п.12.3.2).

Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ и индивидуальных заданий. Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) (не предусмотрено)

Согласована на портале № 388

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Таблица 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Выполнение и защита индивидуальных заданий	5	5	5	**15**
Контрольные работы	10		10	**20**
Защита лабораторных работ		7	7	**14**
Отчеты по практическим занятиям	5	5	5	**15**
Компонент своевременности	2	2	2	**6**
Итого максимум за период:	**22**	**19**	**29**	**70**
Сдача экзамена (максимум)				**30**
Нарастающим итогом	**22**	**41**	**70**	**100**

Таблица 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

Таблица 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	**90 – 100**	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	**85 – 89**	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	**65 – 69**	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	**Ниже 60 баллов**	F (неудовлетворительно)

Вопросы для подготовки к экзамену:

1 Технологические среды. Базовые операции очистки жидких и газообразных сред. Очистка поверхности пластин.
2 Литографические процессы. Разрешающая способность литографии.
3 Физико-химические основы процесса фотолитографии. Материалы фоторезистов и их свойства.
4 Способы экспонирования: контактная фотолитография, фотолитография с зазором, проекционная ФЛ.
5 Технология изготовления фотошаблонов (ФШ). Погрешности изготовления ФШ.
6 Оптические эффекты при фотолитографии.
7 Методы и технология формирования рисунка интегральных схем.
8 Физика термического испарения в вакууме. Получение пленок методом термического испарения.
9 Термическое испарение в вакууме. Скорость конденсации. Параметры, определяющие скорость конденсации.
10 Механизм испарения соединений и сплавов. Способы испарения.
11 Физика ионного распыления. Скорость распыления. Скорость осаждения пленок.
12 Модель ионного распыления. Коэффициент распыления. Зависимость коэффициента распыления от различных параметров.
13 Получение пленок ионно-плазменным распылением.
14 Технология плазменных процессов. Взаимодействие энергетических ионов с материалами.
15 Технологический процесс изготовления резистивной матрицы.
16 Технологический процесс изготовления RC-схемы.
17 Технология сборочных процессов.

Согласована на портале № 388

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

12.1.1. Технология тонкопленочных микросхем : учебное пособие / Т. И. Данилина ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2012. - 151 с. - [электронный ресурс] .- адрес:
http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&%E2%88%93view=article&id=231

12.1.2. Данилина Т.И., Кагадей В.А., Анищенко Е.В. Технология кремниевой наноэлектроники: Учебное пособие. – Томск: В-Спектр, 2011. – 263 с. - [электронный ресурс] .- адрес:
http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&%E2%88%93view=article&id=231

12.2 Дополнительная литература

12.2.1. Данилина Т.И., Чистоедова И.А.Оборудование для создания и исследования свойств объектов наноэлектроники : Учебное пособие / Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – Томск : 2010. – 100 с. : ил. - [электронный ресурс] .- адрес:
http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&%E2%88%93view=article&id=231

12.2.2. Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов / Т. И. Данилина [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТУСУР, 2005. - 316 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 310-313. - ISBN 5-86889-244-5 (**103** экз.)

12.2.3. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем [Текст] : учебное пособие для вузов: в 2 ч. / ред. Ю. А. Чаплыгин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 - . - (Электроника). - ISBN 978-5-94774-583-2. Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М. А. Королев, Т. Ю. Крупкина, М. А. Ревелева. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 397 с. : ил. -). - Библиогр.: с. 397. - ISBN 978-5-94774-336-4 : (**10** экз)

12.2.4. Микроэлектроника: Физические и технологические основы, надежность: Учебное пособие для вузов / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь, Ю. И. Горбунов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 464 с. (52 экз.)

12.2.5. Технология микросхем : Учебное пособие для вузов / О. Д. Парфенов. - М. : Высшая школа, 1986. - 318[2] с. (*121* экз.)

12.2.6. Технология микроэлектронных устройств: Справочник / З. Ю. Готра. - М.: Радио и связь, 1991. - 528 с. - ISBN 5-256-00699-1. (46 экз.)

12.2.7. Тонкопленочные микросхемы для приборостроения и вычислительной техники : / В. Д. Гимпельсон, Ю. А. Радионов. - М. : Машиностроение, 1976. - 328 с. (*42* экз.)

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

12.3.1. Технология тонкопленочных микросхем : учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Т. И. Данилина, И. А. Чистоедова ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 73 с. (50 экз.)

12.3.2. Данилина Т.И., Чистоедова И.А. Технология тонкопленочных микросхем. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104 «Микроэлектроника и твердотельная электроника». Томск: ТУСУР, 2007 . – [электронный ресурс] .- адрес:
http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&%E2%88%93view=article&id=231

12.3.3. Данилина Т.И., Сахаров Ю.В. Технология тонкопленочных микросхем : Методические указания по выполнению лабораторных работ. – Томск: ТУСУР, 2007. – 63 с. (30 экз)

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации программы учебной дисциплины требуется аудитория, оснащенная мультимедийным проектором.

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории кафедры физической электроники, оснащенной вакуумным технологическим оборудованием.

Согласована на портале № 388

БИБЛИОТЕКА ТУСУР

Приложение к рабочей программе

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ **П. Е. Троян**
«6» 07 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ *ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ*

Основы технологии электронной компонентной базы
(полное наименование учебной дисциплины или практики)

Уровень основной образовательной программы **бакалавриат**

Направление(я) подготовки (специальность)

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль(и) **Нанотехнологии и электронике и микросистемной технике**
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

Форма обучения **очная**

Факультет **электронной техники (ФЭ)**
(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра **физической электроники (ФЭ)**
(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс 3 **Семестр** 6

Учебный план набора 2016 года и последующих лет.

Зачет _____ **семестр** **Диф. зачет** _____ **семестр**

Экзамен 6 **семестр**

Разработчик: доцент каф. ФЭ Чистоедова И.А.

Томск 2016

Согласована на портале № 388

1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-8	готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	Должен знать физико-технологические основы процессов производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, особенности проведения отдельных технологических операций. Должен уметь рассчитать физико-технологические режимы для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами. Должен владеть навыками выбора и применения основных технологических операций и оборудования для создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей.
ПК-10	готовностью работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	Должен знать современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники. Должен уметь выбирать технологическое оборудование для конкретного применения. Должен владеть навыками работы на технологическом оборудовании, используемом в производстве

Согласована на портале № 388

		электронной компонентной базы.
ПСК-2	готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники	Должен знать современные технологические процессы и оборудование, используемые на этапах разработки и производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники.» Должен уметь обосновать выбор технологических процессов и методов для достижения поставленной технологической цели. Должен владеть методами для решения технологических задач микро-, наноэлектроники и микросистемной техники.

2 Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-8

ПК-8: готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Таблица 2– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

1. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает физико-технологические основы процессов производства материалов и компонентов микро- и наносистемной техники, особенности проведения отдельных технологических операций	Умеет рассчитать физико-технологические режимы для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами	Владеет навыками выбора и применения основных технологических операций и оборудования для создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей
Виды занятий	• Лекции; • Практические	• Практические занятия;	• Лабораторные работы;

Согласована на портале № 388

	занятия; • Индивидуальные задания	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студентов	• Практические занятия
Используемые средства оценивания	• Тест; • Контрольные работы; • Защита индивидуального задания; • Выполнение практических заданий • Экзамен	• Выполнение практических заданий • Оформление отчетности и защита лабораторных работ; • Оформление и защита индивидуального задания; • Контрольные работы	• Выполнение лабораторных работ и защита отчетов • Защита практических заданий, • Экзамен

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для	Работает при прямом наблюдении

Согласована на портале № 388

		выполнения простых задач	

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• *знает физико-технологические основы процессов производства материалов и компонентов микро- и наносистемной техники,* • *знает современные технологии создания электронной компонентной базы;* • *знает особенности проведения отдельных технологических операций*	• *умеет оценить влияние технологических режимов на выходные параметры электронного изделия;* • *умеет рассчитать физико-технологические режимы для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами*	• *способен самостоятельно выбрать и применить технологические операции для создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей;* • *владеет навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы*
Хорошо (базовый уровень)	• *знает физико-технологические основы процессов производства материалов и компонентов микро- и наносистемной техники,* • *знает базовые технологии*	• *умеет рассчитать физико-технологические режимы для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с*	• *владеет навыками выбора и применения основных технологических операций для создания элементов электронной компонентной базы с учетом*

Согласована на портале № 388

	создания электронной компонентной базы; • *знает особенности проведения отдельных технологических операций*	*требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами*	*их особенностей и конкретных целей;* • *владеет навыками работы на оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники*
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• *имеет представление о физико-технологических основах процессов производства материалов и компонентов микро- и наносистемной техники;* • *ознакомлен с основными технологическими процессами создания электронной компонентной базы*	• *применяет методы расчета физико-технологические режимов для создания изделий электронной компонентной базы*	• *способен выбрать технологические операции для создания элементов электронной компонентной базы;* • *владеет навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы*

2 Компетенция ПК-10

ПК-10: готовностью работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Согласована на портале № 388

Таблица 5– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

2. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники.	Умеет выбирать технологическое оборудование для конкретного применения.	Владеет навыками работы на технологическом оборудовании, используемом в производстве электронной компонентной базы
Виды занятий	• Лекции; • Практические занятия; • Индивидуальные задания • Самостоятельная работа студентов	• Практические занятия; • Лабораторные работы	• Лабораторные работы; • Практические занятия
Используемые средства оценивания	• Тест; • Контрольные работы; • Защита индивидуального задания; • Выполнение практических заданий • Экзамен	• Выполнение практических заданий • Оформление отчетности и защита лабораторных работ; • Оформление и защита индивидуального задания; • Контрольные работы	• Выполнение лабораторных работ и защита отчетов • Защита практических заданий, • Экзамен

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в	Обладает диапа-зоном практических умений, требуемых для развития твор-	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует

Согласована на портале № 388

	пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	ческих решений, абстрагирования проблем	действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	• *знает принципы построения технологическ ого оборудования для основных процессов технологии электронной компонентной базы;* • *знает современное технологическ ое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов микро- и*	• *обладает диапазоном практических умений, требуемых для сравнения и выбора технологического оборудования*	• *владеет практическими навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы* • *способен самостоятельн о работать на технологическо м оборудовании*

Согласована на портале № 388

	наносистемной техники		
Хорошо (базовый уровень)	• *знает современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники*	• *умеет выбирать технологическое оборудование для конкретного применения*	• *владеет практическими навыками работы на оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники* • *способен выполнять работы на технологическом оборудовании под руководством оператора*
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• *имеет представление о технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники*	• *умеет решать простые задачи по выбору технологического оборудования для конкретного применения*	• *может работать на технологическом оборудовании при прямом участии оператора*

3 Компетенция ПСК-2

ПСК-2: готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 8.

Согласована на портале № 388

Таблица 8 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

3. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Должен знать современные технологические процессы и оборудование, используемые на этапах разработки и производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники.	Должен уметь обосновать выбор технологических процессов и методов для достижения поставленной технологической цели.	Должен владеть методами для решения технологических задач микро-, наноэлектроники и микросистемной техники.
Виды занятий	• Лекции; • Практические занятия; • Индивидуальные задания	• Лабораторные работы; • Выполнение индивидуального задания; • Практические занятия; • Самостоятельная работа студентов	• Лабораторные работы; • Практические занятия
Используемые средства оценивания	• Тест; • Контрольная работа; • Выполнение домашнего задания; • Экзамен	• Оформление отчетности и защита лабораторных работ; • Оформление и защита домашнего задания; • Конспект самостоятельной работы	• Защита лабораторных работ • Защита курсового проекта, • Экзамен

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть

Согласована на портале № 388

Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	• *знает современные технологические процессы и оборудование, используемые на этапах разработки и производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники* • *понимает области конкретного применения*	• *умеет обосновать выбор технологических процессов и методов для достижения поставленной технологической цели* • *обладает диапазоном практических умений, требуемых для сравнения и выбора технологичес*	• *владеет методами решения технологических задач микро-, наноэлектроники и микросистемной техники* • *владеет практическим и навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной*

Согласована на портале № 388

	технологического оборудования	*кого оборудования*	*компонентной базы* • *способен самостоятельно работать на технологическом оборудовании*
Хорошо (базовый уровень)	• *знает технологические процессы и оборудование, технологические процессы и оборудование, используемые на этапах разработки и производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники*	• *умеет выбирать технологическое оборудование для конкретного применения*	• *владеет практическими навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы;* • *способен выполнять работы на технологическом оборудовании под руководством оператора*
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• *имеет представление об основных технологических процессах и оборудовании для создания электронной компонентной базы микро- и наноэлектроники, а также микросистемной техники*	• *умеет решать простые задачи по выбору технологического оборудования для конкретного применения*	• *может работать на технологическом оборудовании при прямом участии оператора*

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы: тесты, контрольные работы, индивидуальные задания, практические задания, лабораторные работы, экзамен.

Согласована на портале № 388

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

3.1 Тесты по следующим разделам:

1) Производственная чистота, гигиена и безопасность;

2) Фотолитография;

3) Технология сборочных процессов.

3.2 Контрольные работы:

Тема контрольной работы № 1: Технология литографических и плазменных процессов.

Тема контрольной работы № 2: Технология формирования тонкопленочных покрытий.

3.3 Выполнение домашних индивидуальных заданий:

Тема индивидуального задания № 1 - Технология формирования тонкопленочных покрытий

Тема индивидуального задания № 2 - Технология изготовления фрагмента пленочной ИМС. Расчет режимов получения пленок.

3.4 Темы лабораторных работ:

1). Технологический процесс фотолитографии

2). Осаждение резистивных и проводящих плёнок

3). Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов

4). Изучение погрешности изготовления тонкопленочных резисторов

3.5 Темы практических занятий:

1). Технология получения рисунка интегральных микросхем

2). Технология изготовления фотошаблонов

3). Расчет режимов напыления пленок методом термического испарения в вакууме

4). Расчёт режимов напыления пленок методом ионно-плазменного распыления в вакууме

5). Расчет технологической погрешности изготовления элементов ИМС

6). Разработка технологического маршрута изготовления тонкопленочных ИМС

3.7 Темы для самостоятельной работы

1). Технологические среды: Аппаратура и элементы газовых и жидкостных систем. Базовые операции очистки жидких и газообразных сред.

2). Безопасность работы в чистых помещениях: токсичные, взрывоопасные и пожароопасные среды. Утилизация отходов.

3). Вакуум: глубина вакуума, средства откачки и методы контроля.

Согласована на портале № 388

3.8 Экзаменационные вопросы:

1 Технологические среды. Базовые операции очистки жидких и газообразных сред. Очистка поверхности пластин.

2 Литографические процессы. Разрешающая способность литографии.

3 Физико-химические основы процесса фотолитографии. Материалы фоторезистов и их свойства.

4 Способы экспонирования: контактная фотолитография, фотолитография с зазором, проекционная ФЛ.

5 Технология изготовления фотошаблонов (ФШ). Погрешности изготовления ФШ.

6 Оптические эффекты при фотолитографии.

7 Методы и технология формирования рисунка интегральных схем.

8 Физика термического испарения в вакууме. Получение пленок методом термического испарения.

9 Термическое испарение в вакууме. Скорость конденсации. Параметры, определяющие скорость конденсации.

10 Механизм испарения соединений и сплавов. Способы испарения.

11 Физика ионного распыления. Скорость распыления. Скорость осаждения пленок.

12 Модель ионного распыления. Коэффициент распыления. Зависимость коэффициента распыления от различных параметров.

13 Получение пленок ионно-плазменным распылением.

14 Технология плазменных процессов. Взаимодействие энергетических ионов с материалами.

15 Технологический процесс изготовления резистивной матрицы.

16 Технологический процесс изготовления RC-схемы.

17 Технология сборочных процессов.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе:

Методические материалы: *Указаны в п.12 рабочей программы.*

Согласована на портале № 388