

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
В.Ф. УТКИНА"**

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
А.В. Корячко

Современные технологии MEMS компонентов
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Промышленной электроники**
Учебный план 11.03.04_21_00.plx
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
Квалификация **бакалавр**
Форма обучения **очная**
Общая трудоемкость **2 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>. <Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
Неделя	8			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Лабораторные	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,25	0,25
Итого ауд.	32,25	32,25	32,25	32,25
Контактная работа	32,25	32,25	32,25	32,25
Сам. работа	31	31	31	31
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Итого	72	72	72	72

г. Рязань

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Гололобов Геннадий Петрович

Рабочая программа дисциплины

Современные технологии MEMS компонентов

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

составлена на основании учебного плана:

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

утвержденного учёным советом вуза от 25.06.2021 протокол № 10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Промышленной электроники

Протокол от 30.06.2021 г. № 12

Срок действия программы: 2021-2025 уч.г.

Зав. кафедрой Круглов Сергей Александрович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры
Промышленной электроники

Протокол от _____ 2022 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры
Промышленной электроники

Протокол от _____ 2023 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры
Промышленной электроники

Протокол от _____ 2024 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры

Промышленной электроники

Протокол от _____ 2025 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Целью освоения дисциплины «Тонкопленочные структуры в электронике» является формирование у будущих специалистов твердых теоретических знаний и практических навыков в части изучения основ электрохимических и физико-химических методов получения тонкопленочных структур металлов и сплавов применительно к химии, теоретической и прикладной электрохимии, материаловедению; в выработке умения выбрать оптимальную методику анализа и грамотно оценить полученный результат.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	1) получение и закрепление теоретических и практических знаний в области физических и физико-химических явлений и процессов, лежащих в основе наиболее важных методов исследования состава, структуры и свойств материалов и покрытий и явлений в них;
1.4	2) понимание принципов работы и устройства типовых приборов и аппаратуры, используемых в данных методах, способов приготовления и подготовки образцов, обработки и анализа регистрируемых характеристик и источников возможных ошибок, определения точности экспериментов и их ограничений;
1.5	3) приобретение знаний и навыков по оценке возможностей методов и их практическому использованию в получении тонкопленочных структур различной природы, изучению процессов и явлений в них.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Аналитические приборы и методы в электронике
2.1.2	Интерфейсы и программирование вычислительных систем
2.1.3	Научно-исследовательская практика
2.1.4	Программирование и схемотехника микропроцессорной техники
2.1.5	Производственная практика
2.1.6	Цифровая электроника
2.1.7	Электронные и ионные приборы
2.1.8	Электронные цепи
2.1.9	Схемотехника
2.1.10	Тепловые процессы в электронике
2.1.11	Технологическая (проектно-технологическая)
2.1.12	Технология изделий микро- и нанoeлектроники
2.1.13	Электромагнитные поля и волны. Ч.2
2.1.14	Твердотельная электроника
2.1.15	Технологические процессы нанoeлектроники
2.1.16	Цифровая обработка сигналов в электронных устройствах
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-2: Способен анализировать, систематизировать и обобщать результаты исследований приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	
ПК-2.1. Анализирует научные данные, результаты экспериментов и наблюдений	
Знать	Основными методами и средствами проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации.
Уметь	Выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования.
Владеть	Способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.
ПК-2.2. Систематизирует и обобщает результаты исследований приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, представляет материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	

Знать Принципы работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.
Уметь Выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники. Проектировать тонкопленочные и полупроводниковые микросхемы и представлять отчеты по результатам исследований.
Владеть Навыками выполнения работ по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.

ПК-3: Способен разрабатывать и анализировать технологические процессы изготовления устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

ПК-3.2. Проводит анализ технических требований, предъявляемых к изделиям электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
Знать Методы осаждения тонких пленок, процессы роста тонкопленочных покрытий.
Уметь Проводить необходимые эксперименты, получать результаты, обрабатывать и анализировать их в рамках метода.
Владеть Методами количественного структурного анализа, контроля качества и определения характеристик материалов и покрытий, а также основами сертификации материалов и покрытий.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1 Знать:	
3.1.1	Основные понятия технологии плёночных изделий в электронике;
3.1.2	Методы осаждения тонких пленок, процессы роста тонкопленочных покрытий;
3.1.3	Область применения плёнок и плёночных структур в электронике; требования к контактными покрытиям;
3.1.4	Методы и технологии формирования рисунка интегральных микросхем;
3.1.5	Методы придания плёнкам требуемых свойств.
3.2 Уметь:	
3.2.1	Составлять технологический маршрут изготовления тонкопленочных и полупроводниковых микросхем;
3.2.2	Проводить необходимые эксперименты, получать результаты, обрабатывать и анализировать их в рамках метода;
3.2.3	Подбирать материалы по их назначению и условиям эксплуатации для выполнения работ;
3.2.4	Эксплуатировать контрольно-измерительное измерительное оборудование для измерения параметров и характеристик материалов для производства изделий электроники;
3.2.5	Оценивать поведение материала и причины отказов устройств электроники при воздействии на них различных эксплуатационных факторов: обоснованно выбирать материал и при необходимости его обработку для получения необходимой структуры и свойств, обеспечивающих высокую надежность и долговечность элементов электронной техники.
3.3 Владеть:	
3.3.1	С методами количественного структурного анализа, контроля качества и определения характеристик материалов и покрытий, а также основами сертификации материалов и покрытий;
3.3.2	С навыками представления результатов исследования в форме научных отчетов, публикаций, презентаций.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Основные понятия технологии плёночных изделий.					
1.1	Этапы развития и направления современной электроники. /Тема/	8	0			
1.2	Лекция 1 /Лек/	8	2	ПК-2.1-У	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3.7 Э1 Э3	
1.3	Применение плёнок и плёночных структур в электронике. Этапы разработки и изготовления плёночных изделий. /Тема/	8	0			
1.4	Лекция 2 /Лек/	8	2	ПК-3.2-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.1Л3.1 Л3.6 Э1 Э3	

	Раздел 2. Методы нанесения плёнок и покрытий.					
2.1	Катодное распыление. Механизм катодного распыления. Конденсация материала при катодном распылении. /Тема/	8	0			
2.2	Лекция 1 /Лек/	8	2	ПК-3.2-3 ПК-2.1-В ПК-2.2-У	ЛЗ.1 Л1.1Л1.1ЛЗ.7 Э2	
2.3	Лабораторная работа 1 /Лаб/	8	4	ПК-2.1-В	Л1.1Л1.1ЛЗ.9 Э4	
2.4	Нанесение плёнок методом электрического взрыва вещества. /Тема/	8	0			
2.5	Лекция 2 /Лек/	8	2	ПК-2.1-В	ЛЗ.1 Л1.1Л1.1 ЛЗ.7Л1.1 Л2.1 Э3 Э5	
2.6	Лабораторная работа 2 /Лаб/	8	4	ПК-3.2-3 ПК-2.1-В ПК-2.2-У	Л1.1ЛЗ.6 ЛЗ.9Л1.1 Э2 Э4	
2.7	Гальваническое нанесение плёнок. Химическое осаждение в электролитах. /Тема/	8	0			
2.8	Лекция 3 /Лек/	8	2	ПК-3.2-3 ПК-2.1-В	ЛЗ.6Л1.1Л1.1 Э1 Э5	
2.9	Лабораторная работа 2 /Лаб/	8	4	ПК-2.1-В ПК-2.2-У	Л1.1Л1.1Л1.1 Э3 Э4	
2.10	Плазмохимические методы нанесения плёнок. Способы нанесения и формирования наноструктур. /Тема/	8	0			
2.11	Самостоятельная работа /Ср/	8	8	ПК-3.2-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-У	Л1.1ЛЗ.7ЛЗ.6 Э3	
	Раздел 3. Функциональные материалы и покрытия в электронике.					
3.1	Газопоглощающие покрытия и материалы. Электроизоляционные покрытия. /Тема/	8	0			
3.2	Лекция 1 /Лек/	8	2	ПК-2.1-У	Л1.1ЛЗ.1Л1.1 Э1	
3.3	Эрозионно-стойкие покрытия электродов. Покрытия с высоким коэффициентом ион-электронной эмиссии. /Тема/	8	0			
3.4	Лекция 2 /Лек/	8	2	ПК-3.2-3	ЛЗ.7Л1.1Л2.1 Э2 Э4	
3.5	Лабораторная работа 1 /Лаб/	8	4	ПК-2.2-У	Л1.1ЛЗ.7Л2.1 Э3	
3.6	Контактные покрытия магнитоуправляемых контактов. Требования к контактными покрытиям (структура, фазовый состав, физико-механические и другие свойства). Технологии нанесения контактных покрытий. /Тема/	8	0			
3.7	Лекция 3 /Лек/	8	2	ПК-3.2-3 ПК-2.1-В	Л1.1ЛЗ.6Л2.1 Э3 Э4	
3.8	Контрольная работа /Зачёт/	8	3,75	ПК-2.1-В	Л1.1ЛЗ.7Л2.1 Э4	

3.9	Покрытия на основе золота. Многослойные покрытия. Барьерные слои. /Тема/	8	0			
3.10	Самостоятельная работа /Ср/	8	6	ПК-3.2-3 ПК-2.1-В	Л1.1Л1.1Л3.7 Э2	
Раздел 4. Тонкопленочные фотоэлементы.						
4.1	Фотоэлементы на основе кристаллических пленок кремния. /Тема/	8	0			
4.2	Самостоятельная работа /Ср/	8	4	ПК-3.2-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В	Л1.1Л2.1Л3.7 Э3	
4.3	Технологический процесс изготовления тонкопленочных фотоэлементов. Просветление тонкопленочных фотоэлементов. /Тема/	8	0			
4.4	Самостоятельная работа /Ср/	8	4	ПК-3.2-3 ПК-2.1-В ПК-2.2-У	Л1.1Л2.1Л1.1 Э2	
Раздел 5. Получение рисунка интегральных схем.						
5.1	Фотолитография. Способы экспонирования. /Тема/	8	0			
5.2	Самостоятельная работа /Ср/	8	4	ПК-2.1-У ПК-2.2-У	Л1.1Л1.1Л1.1 Э4 Э5	
5.3	Контрольная работа /Зачёт/	8	5	ПК-2.1-У ПК-2.1-В	Л1.1Л1.1Л1.1 Э2	
5.4	Оптические эффекты при фотолитографии. Методы и технология формирования рисунка интегральных микросхем. /Тема/	8	0			
5.5	Самостоятельная работа /Ср/	8	5	ПК-2.1-В ПК-2.2-У	Л1.1Л1.1Л1.1 Э2	
5.6	Контактная работа /ИКР/	8	0,25	ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-У	Л1.1Л1.1Л1.1 Э4	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Тонкопленочные структуры в электронике»)

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

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Чижигов А.Е.	Физические основы электронной техники : Метод.указ.к практ.занятиям	Рязань, 1995, 20с.	, 1
Л1.2	Антоненко С. В.	Технология тонких пленок : учебное пособие для вузов	Москва: НИЯУ МИФИ, 2008, 104 с.	978-5-7262-1036-0, http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75918

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.3	Васильев, В. Ю.	Технология тонких пленок для микро- и нанoeлектроники : учебное пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019, 107 с.	978-5-7782-3915-9, https://www.iprbookshop.ru/98748.html
Л1.4	Чижигов А.Е.	Физические основы электронной техники и технологии : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2000,	, https://elibr.ru/ebs/download/1273
Л1.5	Чижигов А.Е.	Основы технологии электронной компонентной базы : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2018,	, https://elibr.ru/ebs/download/1844
Л1.6	Перельгин А.И., Маслов А.А., Туркин Ю.А.	Конструкции ИМС и технология тонких пленок : Метод.указ.к лаб.работам	Рязань, 1997, 36с.	, 1
6.1.2. Дополнительная литература				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Чижигов А.Е.	Исследование и разработка путей повышения качества газоразрядных индикаторных панелей : Автореферат	Рязань, 1999, 38с.	, 1
Л2.2	Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А.	Физика низкоразмерных систем : Учеб.пособие	СПб.:Наука, 2001, 155с.	5-02-024966-1, 1
Л2.3	Коротченко В.А., Молчанов Ю.К., Соломенникова В.С., Чижигов А.Е.	Технология материалов и изделий электронной техники : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2016,	, https://elibr.ru/ebs/download/2271
6.1.3. Методические разработки				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
ЛЗ.1	Амиров И. И., Артамонова Е. А., Балашов А. Г., Бардушкин В. В., Белов А. Н., Беспалов В. А., Бобринецкий И. И., Боргардт Н. И., Вернер В. Д., Волков Р. Л., Гаврилов С. А., Галперин В. А., Герасименко А. Ю., Голишников А. А., Горбачев А. А., Громов Д. Г., Дюжев Н. А., Егоркин В. И., Звездин А. К., Земляков В. Е., Кицюк Е. П., Ключников А. С., Красников Г. Я., Красюков А. С., Крупкина Т. Ю., Кузнецов А. Е., Лавров И. В., Лебедев Е. А., Лукичев В. Ф., Мазуркин Н. С., Морозов Р. А., Неволин В. К., Плис В. И., Плохов Д. И., Подгаецкий В. М., Попков А. Ф., Попов А. И., Путря М. Г., Рошин В. М., Румянцев А. В., Савельев М. С., Сауров А. Н., Светличный В. А., Селищев С. В., Силибин М. В., Солнышкин А. В., Стемпковский А. Л., Терещенко С. А., Тимошенко В. П., Тимошенко С. П., Чаплыгин Е. Ю., Чаплыгин Ю. А., Чиненков М. Ю., Шевяков В. И., Юров А. С., Яковлев В. Б., Яковлева Е. Н., Чаплыгин Ю. А.	Нанотехнологии в электронике-3.1	Москва: Техносфера, 2016, 480 с.	978-5-94836- 423-0, http://www.ipr bookshop.ru/5 8864.html
ЛЗ.2	Под ред. Чаплыгина Ю.А.	Нанотехнологии в электронике	М.:Техносфера, 2005, 448с.	5-94836-059- 8, 1
ЛЗ.3	РРТИ;Науч.рук.Чижи ков А.Е.-Тема N 16- 88;N ГР У52770/8003164;Инв. N T58229	Создание состава и методов активирования толсто пленочного эмиссионного покрытия катодов газоразрядных индикаторов : Отчет о НИР (Закл.)	Рязань, 1989, 144с.	, 1

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
ЛЗ.4	Неволин В.К.	Зондовые нанотехнологии в электронике	М.: Техносфера, 2005, 152с.	5-94836-054-7, 1

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Сайт кафедры промышленной электроники РГРТУ
Э2	Система дистанционного обучения РГРТУ
Э3	Информационная образовательная среда РГРТУ
Э4	Электронно-библиотечная система «IPRbooks»
Э5	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
Операционная система Windows	Коммерческая лицензия
Adobe Acrobat Reader	Свободное ПО
LibreOffice	Свободное ПО
Академическая версия пакета LabVIEW 2009	Свободное ПО
Micro-Cap 12	Свободное ПО
MathCAD	Коммерческая лицензия

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ http://www.garant.ru
6.3.2.2	Система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	209 лабораторный корпус. помещение для самостоятельной работы обучающихся, компьютерный класс. Специализированная мебель (21 посадочных места), магнитно-маркерная доска. Мультимедиа проектор, 1 экран. ПК. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ
2	214 лабораторный корпус. учебная аудитория для проведения учебных занятий. Специализированная мебель (60 посадочных мест), магнитно-маркерная доска. Мультимедиа проектор, 1 экран. ПК.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Методические указания дисциплины «Тонкопленочные структуры в электронике»)

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Круглов Сергей
Александрович, Заведующий кафедрой ПЭЛ

27.09.23 11:49 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
ВЫПУСКАЮЩЕЙ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Круглов Сергей
Александрович, Заведующий кафедрой ПЭЛ

27.09.23 11:49 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ПРОРЕКТОРОМ ПО УР

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Круглов Сергей
Александрович, Заведующий кафедрой ПЭЛ

27.09.23 11:49 (MSK)

Простая подпись

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Корячко Алексей
Вячеславович, Проректор по учебной работе

27.09.23 13:20 (MSK)

Простая подпись