

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени  
Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

### ***Б.1.2.5 «Технические основы плазменной обработки материалов и изделий»***

*по направлению подготовки*

*22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»*

*Профиль 1– «Материаловедение и технология новых материалов»*

*Квалификация – бакалавр*

форма обучения – очная

курс – 3

семестр – 5, 6

зачетных единиц – 4, 4

часов в неделю – 4, 4

всего часов – 288

в том числе:

лекции – 36

коллоквиумы – нет

практические занятия – 72

лабораторные занятия – 36

самостоятельная работа – 144

зачет – нет

экзамен – 5, 6 семестр

РГР – нет

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет

## 1. Цели и задачи дисциплины

Формирование физических представлений о закономерностях генерации плазмы и формирование знаний об основных методах нанесения покрытий с помощью плазмы и свойствах этих покрытий для применения этих знаний при работе в различных областях науки и техники.

Задачи изучения дисциплины:

- Изучить основные характеристики и параметры плазмы;
- Изучить основные методы нанесения покрытий с помощью плазмы и свойств этих покрытий;
- Изучить виды дрейфа и оценка скорости движения частиц плазмы

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо для усвоения данной дисциплины: Б.1.1.8 «Физическая химия», Б.1.1.6 «Физика».

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ПК-9.

### **ПК-9:**

Знать: теорию разработки технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами

Уметь: сочетать теорию и практику разработок технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами

Владеть: готовностью участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами

**4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам  
и видам занятий**

№ Мо-ду-ля	№ Неде-ли	№ Те-мы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лек-ции	Коллок-виумы	Лабора-торные	Прак-тичес-кие	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<b>5 семестр</b>									
	1-2	1	Основные понятия физики плазмы	16	2	-	2	4	8
	3-4	2	Типы генераторов плазмы	22	4	-	2	6	10
	5-6	3	Конструктивные особенности генераторов плазмы	22	2	-	2	6	12
	7-8	4	Источники электропитания генераторов плазмы	18	2	-	2	4	10
2	9-10	5	Приборы контроля параметров плазмы	26	4	-	4	6	12
	11-12	6	Средства автоматизации процессов плазменной обработки	20	2	-	2	6	10
	13-14	7	Технологические особенности плазменных процессов	20	2	-	4	4	10
<b>Итого</b>				<b>144</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>72</b>
<b>6 семестр</b>									
1	19-20	8	Разновидности плазменных покрытий	22	2	-	2	4	14
	21-22	9	Показатели качества плазменных покрытий	26	2	-	4	8	12
	23-24	10	Технологические режимы нанесения плазменных покрытий	32	6	-	4	8	14
	25-26	11	Средства автоматизации технологических процессов	32	4	-	4	8	16

			напыления покрытий						
	27-28	12	Методы испытания плазменных покрытий	32	4	-	4	8	16
<b>Итого</b>				<b>144</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>72</b>
<b>Всего</b>				<b>288</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>144</b>

### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
<b>5 семестр</b>				
1	2	1	Основные понятия физики плазмы	1-4
2	4	2	Типы генераторов плазмы	2-8
3	2	3	Конструктивные особенности генераторов плазмы	1-3
4	2	4	Источники электропитания генераторов плазмы	2-7
5	4	5	Приборы контроля параметров плазмы	1-5
6	2	6	Средства автоматизации процессов плазменной обработки	1-4
7	2	7	Технологические особенности плазменных процессов	1-4
<b>6 семестр</b>				
8	2	1	Разновидности плазменных покрытий	2-8
9	2	2	Показатели качества плазменных покрытий	2-7
10	6	3	Технологические режимы нанесения плазменных покрытий	3-7
11	4	4	Средства автоматизации технологических процессов напыления покрытий	4-5
12	4	5	Методы испытания плазменных покрытий	1, 3

### 6. Содержание коллоквиумов

Не предусмотрено учебным планом

### 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	Наименование практической работы. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии.	Учебно-методическое обеспечение
1	2	4	3
<b>5 семестр</b>			
1	4	Общие сведения о технологических режимах нанесения плазменных покрытий	5-7
2-3	12	Особенности конструирования плазмотронов	1-4
4	4	Источники электропитания: характеристики и типы	2-7
5	6	Приборы контроля технологических параметров	1, 8-9
6-7	10	Автоматизация технологических процессов	1-5
<b>6 семестр</b>			
1	4	Плазмонапыленные покрытия. Особенности	2-9

		формирования	
2	8	Исследование качества покрытий. Аналитическое оборудование	2, 3, 10-11
3-5	24	Комплексное исследование характеристик и свойств покрытий	1-5, 11, 12

### 8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Задания, вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	4	3
<b>5 семестр</b>			
1-4	8	Изучение метода нанесения покрытий при помощи установки плазменного напыления УПН 28	2-7
5-7	8	Определение физикомеханических свойств материалов на универсальной испытательной машине ИР 5082-100	3-4
<b>6 семестр</b>			
8-9	6	Измерение геометрических параметров плазмонанпыленных покрытий с помощью многофункционального прибора «Константа К5»	2-7
10-11	6	Исследование микротвердости материалов с помощью микротвердомера HVS-1000В	2-7
12	6	Исследование поверхности материалов с помощью атомно-силового микроскопа СММ-2000	3-5

### 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
<b>5 семестр</b>			
1-5	36	Термодинамика идеального газа, температура плазмы, тепловая и кулоновская энергия плазмы, кулоновские поправки к свободной энергии и давлению плазмы, равновесная ионизация и формула Саха.	2-7
6-7	36	Функция распределения частиц плазмы в фазовом пространстве, кинетическое уравнение, уравнение Власова, уравнение Больцмана и модель Крука, функция распределения Максвелла и средние значения.	2-7
<b>6 семестр</b>			
8-9	24	Частота и сечение столкновений, длина свободного пробега, понятие «столкновения» для заряженных частиц, транспортное сечение.	3-8
10-11	24	Уравнение движения, интегралы движения, движение заряженных частиц в постоянных однородных полях	1-5
12	24	Градиентный дрейф, центробежный дрейф, дрейф в переменном электрическом поле, поляризационный дрейф.	3-9

### 10. Расчетно-графическая работа

*Не предусмотрена учебным планом*

### 11. Курсовая работа

*Не предусмотрена учебным планом*

### 12. Курсовой проект

*Не предусмотрен учебным планом*

### 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств позволяет оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

Фонд оценочных средств включает:

- экзаменационные билеты;
- экзаменационные вопросы;
- тестовый комплекс;
- варианты домашних заданий.

Оценка качества освоения программы включает текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию (по модулям), итоговую аттестацию.

Студентам предоставлена возможность оценивания содержания, организации и качества учебного процесса.

Сформированность компетенции ПК-9 оценивается по следующим критериям:

№ п/п	Наименование дисциплины и код по базовому учебному плану	Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3	4	5
1	Б.1.2.5 «Технические основы плазменной обработки материалов и изделий»	Знать: теорию разработки технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами	Лекции, практические занятия	Устные опросы, тестирование, экзамен
		Уметь: сочетать теорию и практику разработок технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами	Лабораторные занятия, практические занятия	Устные опросы, тестирование
		Владеть: готовностью участвовать в разработке	Лабораторные занятия	Устные опросы,

	технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами		тестирование
--	---	--	--------------

Б.1.2.5 «Технические основы плазменной обработки материалов и изделий»

Ступени уровней освоения компетенций	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	<p>Знать: теорию разработки технологических процессов производства и обработки покрытий</p> <p>Уметь: сочетать теорию и практику разработок технологических процессов производства и обработки покрытий</p> <p>Владеть: готовностью участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий</p>
Продвинутый (хорошо)	<p>Знать: теорию разработки технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них</p> <p>Уметь: сочетать теорию и практику разработок технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них</p> <p>Владеть: готовностью участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них</p>
Высокий (отлично)	<p>Знать: теорию разработки технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами</p> <p>Уметь: сочетать теорию и практику разработок технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами</p> <p>Владеть: готовностью участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами</p>

**Вопросы для зачета**  
 Не предусмотрены учебным планом

### Вопросы для экзамена

1. Дайте полное, на Ваш взгляд, определение плазмы. Три условия существования идеальной плазмы.
2. Квазинейтральность плазмы. Пространственный и временной масштабы разделения зарядов в плазме. Дебаевское экранирование.
3. Плазменные колебания и плазменные волны. Ленгмюровская частота.
4. Плазма и идеальный газ. Тепловая и кулоновская энергия плазмы.
5. Степень ионизации термодинамически равновесной плазмы. Формула Саха.
6. Функция распределения электронов плазмы. Максвелловское распределение электронов по скоростям и средние значения. Релаксация функции распределения электронов и ионов в результате столкновений.
7. Система уравнений Власова для плазмы.
8. Столкновения частиц в плазме. Транспортное сечение. Кулоновский логарифм.
9. Дрейфовое приближение, условия применимости. Три составляющих дрейфового движения. Причины возникновения дрейфа и виды дрейфового движения.
10. Диффузионные процессы в плазме без магнитного поля. Коэффициенты свободной диффузии. Амбиполярная диффузия.
11. Проводимость плазмы. Закон Ома для плазмы. Убегающие электроны. Формула Дрейсера.
12. Проводимость плазмы в магнитном поле. Эффект Холла.
13. Диффузия плазмы в магнитном поле. Бомовская диффузия.
14. Магнитогидродинамическая модель плазмы. Приближения МГД теории.
15. «Законы» МГД теории плазмы: вмороженность магнитного поля, магнитное давление, диффузия магнитного поля.
16. Равновесие плазмы в магнитном поле. Условие равновесия.
17. Неустойчивости плазмы. Энергетический принцип устойчивости. Неустойчивость Релея –Тейлора.
18. Адиабатические инварианты движения. Магнитная ловушка.
19. Характеристики волнового процесса. Фазовая и групповая скорость волны. Волновое уравнение. Дисперсионное уравнение. Уравнение для поля электромагнитной волны в плазме. Диэлектрическая проницаемость плазмы и дисперсионное уравнение.
20. Основные приближения гидродинамической модели плазмы при описании волновых процессов. Линеаризованная система уравнений гидродинамики.
21. Диэлектрическая проницаемость плазмы в гидродинамической модели. Электромагнитные волны в плазме. Метод отсечки.
22. Ленгмюровские плазменные волны. Затухание Ландау.
23. Ионно-звуковые волны.
24. Волны в плазме с магнитным полем. Классификация волн. Волны, на которые магнитное поле не влияет. Низкие частоты. Магнитогидродинамические волны. Средние частоты. Вистлеры. Высокие частоты. Эффект Фарадея.

### Тестовые задания по дисциплине

Размещены в системе АСТ СГТУ

### 14. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов используется следующие образовательные технологии:

- Информационно-развивающие технологии, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими.
- Развивающие проблемно-ориентированные технологии направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности,



способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения

– Личностно ориентированные технологии обучения, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе.

## 15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Лясников В. Н. Плазмонапыленные материалы и покрытия. Свойства. Технология. Оборудование. Применение : учеб. пособие / В. Н. Лясников, Н. В. Протасова, К. С. Толмачев ; Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 2012. - 489 с. Экземпляры всего: 40.

2. Физика высокочастотного емкостного разряда [Электронный ресурс] / Савинов В.П. — Электрон. текстовые данные.— : ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 308 с. — Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115513.html>

3. Галперин В.А. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Галперин В.А., Данилкин Е.В., Мочалов А.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 284 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4597>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

4. Буслаева Е.М. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Буслаева Е.М.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012.— 148 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/735>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

5. Федотов А.К. Физическое материаловедение. Часть 2. Фазовые превращения в металлах и сплавах [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Федотов А.К.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2012.— 446 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21754>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6. Ильин А.А. Покрытия различного назначения для металлических материалов : учеб. пособие / А. А. Ильин, Г. Б. Строганов, С. В. Скворцова. - М. : Альфа-М : ИНФРА-М, 2016. - 144 с. Экземпляры всего: 5.

7. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы [Электронный ресурс]/ Андриевский Р.А.— Электрон. текстовые данные.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.— 253 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4575>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

8. Методы компактирования и консолидации наноструктурных М54 материалов и изделий [Электронный ресурс] / О.Л. Хасанов. - М. : БИНОМ, 2013. – 269 с. — Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321247.html>

9. Декоративная обработка поверхности металлов: анодные защитные и декоративные покрытия на поверхности легких конструкционных сплавов [Электронный ресурс] / А.Г. Ракоч, И.В. Бардин, В.Л. Ковалев . — Электрон. текстовые данные.— : МИСиС, 2012. - 140 с. — Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876235602.html>

10. Неравновесная плазма хлора: свойства и применение [Электронный ресурс] / Ефремов А.М., Светцов В.И. — Электрон. текстовые данные.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.- 216 с. — Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114066.html>

### ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ:

11. Журнал технической физики [Текст] : рАН. - СПб. : Наука, 1931 - . - Выходит ежемесячно. - ISSN 0044-4642(2010-2012)

### **16. Материально-техническое обеспечение**

Лекционная аудитория площадью 60 м<sup>2</sup>, оборудованная мебелью, компьютером, проектором, экраном, доской для записей фломастером или мелом, лаборатория для проведения лабораторных работ площадью 60 м<sup>2</sup>, оборудованная компьютером, проектором, экраном, доской для записей фломастером или мелом, наглядными пособиями, техническими средствами

Все лекции сопровождаются демонстрацией материалов в виде презентаций Power Point с наглядными иллюстрациями, графиками, таблицами.

Научно-исследовательское и учебное оборудование.