

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Плазменные, электронно-лучевые и лазерные установки**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербаков А.В.
	Идентификатор	Raf18b6c8-ShcherbakovAV-abf82f1

(подпись)

А.В.
Щербаков

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Федин М.А.
	Идентификатор	R3e9797a9-FedinMA-34f385d8

(подпись)

М.А. Федин

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цырук С.А.
	Идентификатор	Raf2c04da-TsyrukSA-47ef358f

(подпись)

С.А. Цырук

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен проводить научные исследования в области электротехнологических процессов и установок с системами питания и управления

ИД-1 Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электротехнологических установках и системах различных видов

ИД-2 Демонстрирует умение проводить научные исследования электротехнологических установок различных видов

2. ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в области электротехнологических установок и систем

ИД-1 Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений

ИД-2 Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений

ИД-3 Демонстрирует владение методами расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем и их элементов

ИД-4 Демонстрирует умение проводить технико-экономическое обоснование проектных решений

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Выполнение задания

1. Расчет элементов лучевого и плазменного технологического оборудования (Решение задач)

Форма реализации: Письменная работа

1. Дуговые плазмотроны и плазменные технологии (Тестирование)

2. Ионно-плазменные процессы и установки (Тестирование)

3. Лазерные технологические установки (Тестирование)

4. Электронная оптика. Принципы формирования электронных пучков (Тестирование)

5. Электронно-лучевые установки (Тестирование)

БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	6	8	10	14	16
Основы электронной оптики. Принципы генерации и фокусировки пучков заряженных частиц в электронно-лучевых и ионно-плазменных установках							

Основы электронной оптики. Принципы генерации и фокусировки пучков заряженных частиц в электронно-лучевых и ионно-плазменных установках	+					
Электронно-лучевые установки. Области применения, конструкция, принцип действия. Электрооборудование и системы управления.						
Электронно-лучевые установки. Области применения, конструкция, принцип действия. Электрооборудование и системы управления.		+				
Плазменные технологические установки: плазмотроны и плазменные горелки. Принцип работы и конструкции.						
Плазменные технологические установки: плазмотроны и плазменные горелки. Принцип работы и конструкции.			+			
Плазменные технологические установки: установки катодного распыления, магнетронные и ионно-лучевые установки, вакуумно-дуговые испарители и установки молекулярно-лучевой эпитаксии.						
Плазменные технологические установки: установки катодного распыления, магнетронные и ионно-лучевые установки, вакуумно-дуговые испарители и установки молекулярно-лучевой эпитаксии.				+		
Методы проектирования элементов электронно-лучевого и ионно-плазменного технологического оборудования						
Методы проектирования элементов электронно-лучевого и ионно-плазменного технологического оборудования					+	
Технологические лазеры: классификация, принципы действия и области применения.						
Технологические лазеры: классификация, принципы действия и области применения.						+
Вес КМ:	10	10	10	10	50	10

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электро-технологических установках и системах различных видов	Знать: основы электронной оптики и методы генерации пучков электронов в электронно-лучевых установках	Электронная оптика. Принципы формирования электронных пучков (Тестирование)
ПК-1	ИД-2 _{ПК-1} Демонстрирует умение проводить научные исследования электро-технологических установок различных видов	Знать: принципы работы электронных пушек и электрооборудования электронно-лучевых установок	Электронно-лучевые установки (Тестирование)
ПК-2	ИД-1 _{ПК-2} Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений	Знать: классификацию и принципы работы технологических плазмотронов	Дуговые плазмотроны и плазменные технологии (Тестирование)
ПК-2	ИД-2 _{ПК-2} Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений	Знать: физические основы ионно-плазменных технологий обработки материалов и конструкцию установок различного типа для нанесения покрытий и	Ионно-плазменные процессы и установки (Тестирование)

		распыления материалов в вакууме	
ПК-2	ИД-3 _{ПК-2} Демонстрирует владение методами расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем и их элементов	Знать: классификацию, принципы работы и области применения современных технологических лазеров	Лазерные технологические установки (Тестирование)
ПК-2	ИД-4 _{ПК-2} Демонстрирует умение проводить технико-экономическое обоснование проектных решений	Уметь: применять полученные знания для расчета и выбора элементов плазменных, электронно-лучевых и лазерных установок	Расчет элементов лучевого и плазменного технологического оборудования (Решение задач)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Электронная оптика. Принципы формирования электронных пучков

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

Краткое содержание задания:

Тест проводится на проверку знаний основных понятий электронной оптики и принципов формирования электронных пучков

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: основы электронной оптики и методы генерации пучков электронов в электронно-лучевых установках</p>	<p>1.Основной (самый распространенный в технике, вносящий наибольший вклад) принцип получения свободных электронов в технологических электронных пушках</p> <ul style="list-style-type: none">а. автоэлектронная эмиссияб. термоэлектронная эмиссияв. фотоэлектронная эмиссияг. ионно-электронная эмиссия <p>ответ - б.</p> <p>2.Для ускорения электронов в технологических электронных пушках используют</p> <ul style="list-style-type: none">а. электрическое поле, создаваемое системой «анод-катод»б. поле магнитной линзыв. подогрев катодовг. сеточный потенциал <p>ответ - а</p> <p>3.Какой потенциал относительно корпуса установки (шины заземления) имеет анод автономных электронных пушек?</p> <ul style="list-style-type: none">а. ускоряющий потенциал со знаком «плюс»б. ускоряющий потенциал со знаком «минус»в. 0 В <p>ответ - в</p> <p>4.Основной механизм регулировки тока электронного луча в ЭЛУ</p> <ul style="list-style-type: none">а. изменение ускоряющего напряженияб. изменение температуры термокатодав. изменение запирающего напряженияг. изменение тока магнитной линзы <p>ответ - в.</p> <p>5.Что такое перванс потока заряженных частиц, и что он характеризует?</p> <ul style="list-style-type: none">а. плотность мощности, характеризует проникающую способность.
--	--

	<p>б. характеристическая проводимость, характеризует степень влияния объемного заряда на плотность пучка.</p> <p>в. мера энергии пучка, характеризует среднюю кинетическую энергию части потока</p> <p>ответ - б.</p> <p>6. В чем главное преимущество генераторов электронных и ионных потоков с плазменным эмиттером частиц?</p> <p>а. в практически неограниченном сроке службы катода</p> <p>б. в плотности формируемого на выходе системы пучка</p> <p>в. в возможности более тонкой регулировки мощности и энергии потока по сравнению с традиционными термоэмиссионными системами</p> <p>ответ - а.</p> <p>7. Каким основным свойством обладает электронная иммерсионная линза?</p> <p>а. всегда является рассеивающей</p> <p>б. всегда является собирающей</p> <p>в. всегда представляет собой электронное зеркало</p> <p>ответ - б.</p> <p>8. В каком случае целесообразно применять аналитический метод для расчета оптических показателей электрического поля как электронной линзы?</p> <p>а. в любом случае</p> <p>б. в случае параксиального приближения</p> <p>в. в случае параллельного переноса луча</p> <p>ответ - б.</p> <p>9. Какой вид aberrации проявляется в том, что резкость изображения объекта (пучка) сохраняется, но нарушается геометрическое подобие его контуров?</p> <p>а. сферическая aberrация</p> <p>б. хроматическая aberrация</p> <p>в. дисторсия</p> <p>ответ - в.</p> <p>10. Какой вид aberrации появляется вследствие нарушения осевой симметрии электродов пушки (анода, катода и управляющего электрода)?</p> <p>а. сферическая aberrация</p> <p>б. приосевой астигматизм</p> <p>в. хроматическая абессрация</p> <p>ответ - б.</p>
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

КМ-2. Электронно-лучевые установки

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

Краткое содержание задания:

Тест проводится на проверку знаний основных принципов работы электронно-лучевых технологических установок

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: принципы работы электронных пушек и электрооборудования электронно-лучевых установок</p>	<p>1. В чем главная идея разворота электронного пучка на 180 или 270 градусов в электронно-лучевых испарителях?</p> <p>а. это необходимо для обеспечения нужной плотности теплового потока в месте воздействия луча на материал</p> <p>б. для повышения срока службы катода пушки путем его защиты от продуктов испарения</p> <p>в. для защиты тигля от проплавления лучом</p> <p>ответ - б.</p> <p>2. В какой технологии электронный луч не применяется?</p> <p>а. в сварке</p> <p>б. в нанесении покрытий</p> <p>в. в модификации поверхности</p> <p>г. для разрушения кристаллической решетки путем сообщения импульса атомам</p> <p>ответ - г.</p> <p>3. Чем обусловлен эффект «кинжального» проплавления при электронно-лучевой сварке?</p> <p>а. глубиной проникновения электронов в материал.</p> <p>б. давлением паров на поверхность расплава из-за высокой плотности теплового источника</p> <p>в. действием электродинамических сил</p> <p>г. действием магнитного поля</p> <p>ответ - б.</p> <p>4. В каких диапазонах обычно выбирают ускоряющие напряжения в технологических электронных пучках?</p> <p>а. 1-3 кВ</p> <p>б. 20-150 кВ</p>
--	--

	<p>в. 500-1000 В г. 500 кВ-1МВ ответ - б.</p> <p>5.Какое преимущество имеет система подогрева катода электронной пушки электронной бомбардировкой в сравнении с прямонакальной системой?</p> <p>а. отказ от дополнительного источника питания б. снижение тока накала, и, как следствие магнитного поля, создаваемого подогревателем в. уменьшение габаритов катодного узла ответ - б.</p> <p>6.Почему в технологических электронных пушках для управления фокусировкой пучка применяют именно магнитные линзы, а не электрические?</p> <p>а. магнитная линза имеет меньшие габариты б. магнитное поле не влияет на энергию электронов, поэтому магнитная линза позволяет регулировать фокусировку без влияния на мощность пучка в. магнитная линза в меньшей степени искажает распределение плотности тока пучка ответ - б.</p> <p>7.Какова главная особенность электронных пушек, применяемых для процессов аддитивного формообразования методом плавления порошка на подложке?</p> <p>а. малые габаритные размеры б. прямонакальный катод в. работа с большими углами отклонения луча (до 30 градусов). ответ - в.</p> <p>8.Каковы основные причины возникновения эксплуатационных пробоев в технологических электронных пушках?</p> <p>а. ионизация паров металла, наличие загрязнений на поверхностях электродов б. сближение или касание электродов в процессе эксплуатации в. отказ элементов вакуумной системы ответ - а.</p> <p>9.Каким образом реализуется дифференциальная откачка технологической камеры и электронной пушки?</p> <p>а. ветвь вакуумной откачки поочередно подключается к камере и пушке б. откачка пушки проводится через технологическую камеру в. у пушки и камеры имеются отдельные ветви откачки ответ - в.</p>
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

КМ-3. Дуговые плазмотроны и плазменные технологии

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

Краткое содержание задания:

Тест проводится на проверку знаний основных принципов работы технологических плазмотронов

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: классификацию и принципы работы технологических плазмотронов</p>	<p>1.К способам повышения плотности плазменной струи в плазмотроне не относится</p> <ul style="list-style-type: none">а. охлаждение соплаб. фокусировка с помощью индукторав. сжатие плазмообразующего потока газаг. использование световых линз <p>ответы - а,б,в</p> <p>2.Плазменные горелки, создающие плазменную струю в среде атмосферного давления, не применяются для</p> <ul style="list-style-type: none">а. резки металловб. сварки металловв. наплавкиг. распыления материалов <p>ответ - г.</p> <p>3.В чем отличие плазмотрона с плазменной дугой от плазмотрона с плазменной струей?</p> <ul style="list-style-type: none">а. в первом изделие является анодом, а вот втором анодом является соплоб. в первом используется несжатая дуга, а во втором - сжатаяв. в первом используется дуговой разряд, а во втором - тлеющий <p>ответ - а.</p>
--	---

	<p>4. В чем основное назначение межэлектродных вставок в плазмотроне?</p> <p>а. укорочение дуги б. удлинение дуги в. фиксация анода ответ - б.</p> <p>5. В чем назначение уступа на сопле плазмотрона?</p> <p>а. укорочение дуги б. удлинение дуги в. коепление анода. ответ - а.</p> <p>6. В чем состоит эффект от применения сопла Лавалья в плазмотронах?</p> <p>а. в снижении скорости потока газа б. в охлаждении потока газа в. в достижении сверхзвуковой скорости потока газа ответ - в.</p> <p>7. С какой целью применяются турбулизаторы (завихрители) потока газа в технологических плазмотронах и горелках?</p> <p>а. для повышения скорости истечения струи б. для снижения скорости истечения струи в. для сжатия дуги вихревым потоком газа ответ - а.</p> <p>8. В каких технологиях используются плазмотроны?</p> <p>а. плавка и рафинирование б. сварка и наплавка в. нанесение покрытий г. резка д. переработка отходов е. плазмохимические технологии синтеза материалов ответ - все процессы (а - е)</p> <p>9. К какому типу плазмотронов относятся плазмотроны ВЧИ?</p> <p>а. высокочастотные емкостные б. высокочастотные индукционные в. сверхвысокочастотные ответ - б.</p> <p>10. В чем преимущество применения плазменной струи вместо классической дуговой технологии для сварки и наплавки?</p> <p>а. более низкая температура нагрева б. лучшая локализация источника нагрева и более высокая температура струи плазмы в. отсутствие необходимости охлаждения сопла ответ - б.</p>
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

КМ-4. Ионно-плазменные процессы и установки

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

Краткое содержание задания:

Тест проводится на проверку знаний основных принципов работы ионно-плазменных технологических установок

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: физические основы ионно-плазменных технологий обработки материалов и конструкцию установок различного типа для нанесения покрытий и распыления материалов в вакууме</p>	<p>1. Принцип катодного распыления материала в вакууме заключается</p> <ul style="list-style-type: none">а. в распылении мишени-катода потоком ионов рабочего газаб. в распылении мишени-анода потоком электронов и их движении к катодув. в генерации электронного потока с катода к аноду с его термическим распылением <p>ответ - а</p> <p>2. Идея магнетронного распыления состоит</p> <ul style="list-style-type: none">а. в погружении разрядного промежутка в магнитное поле, повышающее эффективность ионизации рабочего газаб. в использовании генератора СВЧ излучения в качестве источника питанияв. в использовании переменного тока для поддержания тлеющего разряда при катодном напылении <p>ответ - а</p> <p>3. Катодное распыление на переменном токе высокой частоты позволяет</p> <ul style="list-style-type: none">а. повысить скорость напыления металлических покрытийб. исключить появление пробоев и микродуг в процессе напыленияв. обеспечить возможность напыления непроводящих покрытий <p>ответ - в</p>
---	--

4. В чем преимущество использования автономных источников ионов вместо систем катодного и магнетронного распыления?

- а. повышается скорость распыления
- б. исключается контакт изделия с плазмой и таким образом, снижается тепловое и радиационное воздействие
- в. в возможности использования химически активных газов для обеспечения стехиометрических характеристик покрытия

ответ - б.

5. В чем необходимость применения магнитных линз в ионных источниках с холодным катодом?

- а. они нужны для фокусировки ионов
- б. они обеспечивают удлинение траекторий электронов или их дрейф в области горения разряда
- в. они снижают эффект объемного заряда в ионном пучке.

ответ - б.

6. В каких диапазонах обычно выбирают ускоряющие напряжения в ионных источниках для распыления материалов и установках катодного распыления?

- а. 0,5-2 кВ
- б. 20-200 В
- в. 500-1000 В
- г. 500 кВ-1 МВ

ответ - а.

7. Какой плазмообразующий газ применяется в системах нанесения покрытий с ионными источниками, магнетронами и в установках катодного распыления?

- а. Ar
- б. Cr
- в. N₂
- г. O₂

ответ - а

8. В чем главный недостаток ионного источника типа "Кауфман" (как и других типов ионных источников с вытягивающими сетками) для технологии ионного распыления?

- а. недостаточная фокусировка ионного пучка
- б. недостаточная равномерность ионного пучка
- в. загрязнение обрабатываемого изделия материалом сеток

ответ - в.

9. Для каких процессов может применяться технология ионного распыления?

- а. очистка изделий (перед напылением)
- б. травление поверхности, в том числе для формирования рельефа
- в. нанесение покрытий
- г. нагрев изделий с целью расплавления

	<p>ответы - а,б,в</p> <p>10.Какие из перечисленных вакуумных насосов относятся к “безмасляным” средствам откачки?</p> <p>а.диффузионный</p> <p>б.спиральный</p> <p>в.пластинчато-роторный</p> <p>г.турбомолекулярный</p> <p>ответы - б,г</p>
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

КМ-5. Расчет элементов лучевого и плазменного технологического оборудования

Формы реализации: Выполнение задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 50

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент выполняет задание в качестве самостоятельной работы. Срок выполнения - 1 неделя. После успешного выполнения задания студент отвечает на контрольные вопросы.

Краткое содержание задания:

Выбрать тип задания из приведенного перечня:

1. Расчет проволочного прямонакального катода методом идеального катода. По заданному току эмиссии и минимальному сроку службы катода выбрать материал и геометрические параметры проволочного катода.
2. Расчет подогрева катода электронной бомбардировкой. По заданному току эмиссии основного катода и расстоянию «основной катод-вспомогательный катод» определить напряжение и ток бомбардировки.
3. Расчет электрического поля в аксиальной электронной пушке. По заданным геометрическим характеристикам аксиальной электродной системы и потенциалам на электродах, рассчитать распределение потенциала, его первой и второй производной вдоль оси системы. Сделать выводы.
4. Моделирование электронного (ионного) пучка в пакете программ WCharge. По заданным геометрическим характеристикам аксиальной электродной системы, потенциалам на электродах и температуре катода, рассчитать распределение плотности тока электронного (ионного) пучка в аксиальной электростатической пушке. Сделать выводы.
5. Моделирование электронного (ионного) пучка в пакете программ Elion. По заданным геометрическим характеристикам аксиальной электродной системы, потенциалам на

- электродах и температуре катода, рассчитать распределение плотности тока электронного (ионного) пучка в аксиальной электростатической пушке. Сделать выводы.
6. Расчет фокусного расстояния магнитной фокусирующей линзы. По заданным геометрическим размерам магнитопровода и числу ампер-витков линзы, а также энергии частиц (электронов, ионов), рассчитать фокусное расстояние магнитной линзы.
7. Расчет магнитной отклоняющей системы. Рассчитать ток плоской электромагнитной отклоняющей системы, обеспечивающей смещение пучка частиц с заданной энергией на требуемое расстояние в плоскости мишени
8. Расчет скорости распыления магнетронной установки. Рассчитать скорость осаждения покрытия из материала, указанного в задании по заданным току и напряжению разряда и величине индукции магнитного поля.
9. Расчет вакуумной системы технологической установки в стационарном режиме работы. Выбрать насосы для откачки вакуумной камеры до заданного давления при заданной технологическом натекании. Рассчитать проводимости трубопроводов и выбрать диаметры труб. Рассчитать время откачки.
- Исходные данные определяются типом выбранного задания (см. п. I):

Для типа задания 1: Ток эмиссии и срок службы катода

Для типа задания 2: ток эмиссии основного катода и расстояние «основной катод-вспомогательный катод»

Для типа задания 3: геометрические характеристики аксиальной электродной системы и потенциалы на электродах

Для типа задания 4: геометрические характеристики аксиальной электродной системы, потенциалы на электродах и температура катода

Для типа задания 5: геометрические характеристики аксиальной электродной системы, потенциалы на электродах и температура катода

Для типа задания 6: геометрические размеры магнитопровода, число ампер-витков линзы, энергия частиц

Для типа задания 7: энергия частиц, рабочий отрезок, величина поперечного смещения

Для типа задания 8: ток и напряжение магнетронного разряда

Для типа задания 9: предельное остаточное давление, технологическое газовыделение и натекание

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: применять полученные знания для расчета и выбора элементов плазменных, электронно-лучевых и лазерных установок</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.1. Какие допущения приняты при расчете прямонакального катода? 2. Каким образом выбираются ток и напряжение для системы подогрева катода электронной бомбардировкой? 3. Каким образом рассчитывается электрическое поле в аксиальной электронной пушке? 4. Какие факторы учитываются при моделировании формирования электронного или ионного пучка? 5. Какие допущения принимаются при расчете фокусного расстояния магнитной линзы? 6. Какие допущения принимаются при расчете угла отклонения луча в магнитной отклоняющей системе? 7. какие основные параметры необходимы для расчета скорости распыления материала ионной бомбардировкой? 8. Как рассчитывается вакуумная система в
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Студент выполнил расчетное задание и ответил на контрольный вопрос

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Студент не выполнил расчетное задание

КМ-6. Лазерные технологические установки

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

Краткое содержание задания:

Тест проводится на проверку знаний основных принципов работы ионно-плазменных технологических установок

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: классификацию, принципы работы и области применения современных технологических лазеров</p>	<p>1. Для чего рабочие тела лазерных установок помещают между двумя зеркалами? а. для защиты персонала от вредного излучения б. для создания эффектов усиления и резонанса в. эти зеркала нужны для управления отклонением луча ответ - б</p> <p>2. Что представляет собой линза для мощного технологического лазера? а. стеклянная пластина со сферическими поверхностями и водяным охлаждением б. вогнутое металлическое водоохлаждающее зеркало с напыленным отражающим слоем в. магнитная катушка с магнитопроводом ответ - б.</p> <p>3. Какие типы лазеров могут применяться для сварки и аддитивных технологий? а. твердотельные б. жидкостные в. волоконные г. ионные д. гелий-неоновые е. углекислотные ответ - а, в, е</p> <p>4. С какой целью система накачки газового CO₂-лазера содержит большое количество типовых газоразрядных трубок? а. для возможности изменения длины волны излучения б. для достижения необходимого уровня мощности</p>
---	---

	<p>в. для повышения гибкости при отклонении луча ответ - б.</p> <p>5. В каком спектральном диапазоне генерирует излучение СО2-лазер? а. видимом б. ближнем инфракрасном в. дальнем инфракрасном ответ - в.</p> <p>6. В каком спектральном диапазоне генерирует излучение волоконный технологический лазер? а. видимом б. ближнем инфракрасном в. дальнем инфракрасном ответ - б.</p> <p>7. В каком спектральном диапазоне генерирует излучение твердотельный технологический YAG-лазер? а. видимом б. ближнем инфракрасном в. дальнем инфракрасном ответ - б.</p> <p>8. Какое устройство применяется в YAG-лазере для накачки оптической среды? а. нагреватель б. лампа накачки в. индуктор ответ - б</p> <p>9. Какие типы лазеров целесообразно применять для установки излучающей головки на подвижных механизме (роботе, портальной системе)? а. СО2-лазер б. твердотельный YAG-лазер в. волоконный лазер ответы - б,в</p>
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Взаимодействие электронного пучка с металлами
2. Конструкции ионных источников.

Процедура проведения

Студент получает один билет из двадцати четырех. В билете содержится 2 вопроса. Время на подготовку к ответу составляет 70 минут

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-1} Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электро-технологических установках и системах различных видов

Вопросы, задания

1. Способы получения свободных электронов
2. Формирование электронных пучков. Ускорение электронов и электростатическая фокусировка
3. Линза-диафрагма
4. Иммерсионная линза
5. Иммерсионный объектив
6. Аберрации электронных оптических систем
7. Оптические схемы одно- и двухлинзовых генераторов.
8. Регулирование мощности электронного пучка
9. Система проведения. Фокусировка и отклонение пучка
10. Движение электрона в однородном и аксиально-симметричном магнитном поле.
11. Отклонение пучка. Типы магнитных отклоняющих систем.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Для ускорения электронов в технологических электронных пушках используют

Ответы:

- а. электрическое поле, создаваемое системой «анод-катод»
- б. поле магнитной линзы
- в. подогрев катодов
- г. сеточный потенциал

Верный ответ: ответ - а

2. Что такое первенс потока заряженных частиц, и что он характеризует?

Ответы:

- а. плотность мощности, характеризует проникающую способность.
- б. характеристическая проводимость, характеризует степень влияния объемного заряда на плотность пучка.
- в. мера энергии пучка, характеризует среднюю кинетическую энергию части потока

Верный ответ: ответ - б.

3. В чем главное преимущество генераторов электронных и ионных потоков с плазменным эмиттером частиц?

Ответы:

- а. в практически неограниченном сроке службы катода
- б. в плотности формируемого на выходе системы пучка
- в. в возможности более тонкой регулировки мощности и энергии потока по сравнению с традиционными термоэмиссионными системами

Верный ответ: ответ - а.

4. Какой вид аберрации проявляется в том, что резкость изображения объекта (пучка) сохраняется, но нарушается геометрическое подобие его контуров?

Ответы:

- а. сферическая аберрация
- б. хроматическая аберрация
- в. дисторсия

Верный ответ: ответ - в.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-1} Демонстрирует умение проводить научные исследования электро-технологических установок различных видов

Вопросы, задания

1. Классификация электронно-лучевых технологий
2. Взаимодействие электронного пучка с материалами
3. Состав электронно-лучевого технологического комплекса
4. Основные конструктивные схемы электронных пушек.
5. Высоковольтные пробои
6. Источники питания электронных пушек. Схемы, в которых повышение напряжения осуществляется на частоте 50 Гц. Особенности электронной пушки как нагрузки источников питания
7. Источники питания электронных пушек. Схемы с инвертированием на повышенной частоте. Особенности электронной пушки как нагрузки источников питания
8. Электронно-лучевые испарители
9. Электронно-лучевые печи
10. Электронно-лучевые установки для сварки, резки и перфорации
11. Электронно-лучевые установки аддитивного формообразования (3D-принтеры).

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Каковы основные причины возникновения эксплуатационных пробоев в технологических электронных пушках?

Ответы:

- а. ионизация паров металла, наличие загрязнений на поверхностях электродов
- б. сближение или касание электродов в процессе эксплуатации
- в. отказ элементов вакуумной системы

Верный ответ: ответ - а.

3. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-2 Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений

Вопросы, задания

- 1.Классификация плазменных технологических процессов
- 2.Технологические плазмотроны. Области применения
- 3.Способы нагрева газов в плазмотронах. Дуговые, ВЧ и СВЧ-плазмотроны (общее описание)
- 4.Способы стабилизации разряда в дуговых плазмотронах. Плазмотроны с охлаждаемой стенкой и вихревой подачей газа.
- 5.Способы стабилизации разряда в дуговых плазмотронах. Плазмотроны с самоустанавливающейся, «короткой» и «длинной» дугой
- 6.Плазменно-дуговые печи периодического и полунепрерывного действия
- 7.Плазменные установки для сварки и резки
- 8.ВЧ плазмотроны (индукционные и емкостные), СВЧ-плазмотроны. Конструкция и принцип действия

Материалы для проверки остаточных знаний

1.В чем отличие плазмотрона с плазменной дугой от плазмотрона с плазменной струей?

Ответы:

- а. в первом изделие является анодом, а во втором анодом является сопло
- б. в первом используется несжатая дуга, а во втором - сжатая
- в. в первом используется дуговой разряд, а во втором - тлеющий

Верный ответ: ответ - а.

2.В чем основное назначение межэлектродных вставок в плазмотроне?

Ответы:

- а. укорочение дуги
- б. удлинение дуги
- в. фиксация анода

Верный ответ: ответ - б.

3.В чем состоит эффект от применения сопла Лавала в плазмотронах?

Ответы:

- а. в снижении скорости потока газа
- б. в охлаждении потока газа
- в. в достижении сверхзвуковой скорости потока газа

Верный ответ: ответ - в.

4. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-2 Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений

Вопросы, задания

- 1.Вакуумные ионно-плазменные технологические установки: назначение и области применения
- 2.Установки катодного напыления на постоянном токе (DC-Sputtering). Принцип действия, конструкции, области применения и характеристики
- 3.Установки ВЧ-катодного напыления (RF-Sputtering). Принцип действия, конструкции, области применения и характеристики

4. Установки магнетронного напыления. Принцип действия, конструкции, области применения и характеристики.
5. Установки с автономными источниками ионов. Принцип действия, конструкции, области применения и характеристики.
6. Источники питания ионно-плазменных технологических установок с разрядом на постоянном токе
7. Источники питания ионно-плазменных технологических установок с ВЧ-разрядом

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Принцип катодного распыления материала в вакууме заключается

Ответы:

- а. в распылении мишени-катода потоком ионов рабочего газа
- б. в распылении мишени-анода потоком электронов и их движении к катоду
- в. в генерации электронного потока с катода к аноду с его термическим распылением

Верный ответ: ответ - а

2. Идея магнетронного распыления состоит

Ответы:

- а. в погружении разрядного промежутка в магнитное поле, повышающее эффективность ионизации рабочего газа
- б. в использовании генератора СВЧ излучения в качестве источника питания
- в. в использовании переменного тока для поддержания тлеющего разряда при катодном напылении

Верный ответ: ответ - а

3. Катодное распыление на переменном токе высокой частоты позволяет

Ответы:

- а. повысить скорость напыления металлических покрытий
- б. исключить появление пробоев и микродуг в процессе напыления
- в. обеспечить возможность напыления непроводящих покрытий

Верный ответ: ответ - в

4. В чем преимущество использования автономных источников ионов вместо систем катодного и магнетронного распыления?

Ответы:

- а. повышается скорость распыления
- б. исключается контакт изделия с плазмой и таким образом, снижается тепловое и радиационное воздействие
- в. в возможности использования химически активных газов для обеспечения стехиометрических характеристик покрытия

Верный ответ: ответ - б.

5. Компетенция/Индикатор: ИД-3ПК-2 Демонстрирует владение методами расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем и их элементов

Вопросы, задания

- 1.Классификация технологических лазеров, их области применения и технические характеристики
- 2.Принцип действия твердотельного технологического лазера. Излучатель и оптический резонатор
- 3.Волоконные технологические лазеры
- 4.Системы проведения лазерного излучения. Стеклянные и металлические линзы. Технология изготовления и оптические схемы

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.В каком спектральном диапазоне генерирует излучение волоконный технологический лазер?

Ответы:

- а. видимом
- б. ближнем инфракрасном
- в. дальнем инфракрасном

Верный ответ: ответ - б.

- 2.Для чего рабочие тела лазерных установок помещают между двумя зеркалами?

Ответы:

- а. для защиты персонала от вредного излучения
- б. для создания эффектов усиления и резонанса
- в. эти зеркала нужны для управления отклонением луча

Верный ответ: ответ - б

6. Компетенция/Индикатор: ИД-4ПК-2 Демонстрирует умение проводить технико-экономическое обоснование проектных решений

Вопросы, задания

- 1.Прямокальные катоды электронных пушек. Особенности и методика расчета.
- 2.Катоды с косвенным подогревом. Особенности и методика расчета.
- 3.Конструкции электронных пушек. Основные узлы, применяемые материалы, методы сборки, особенности эксплуатации и обслуживания.
- 4.Типовые схемы вакуумных систем ЭЛУ

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.Какое преимущество имеет система подогрева катода электронной пушки электронной бомбардировкой в сравнении с прямокальной системой?

Ответы:

- а. отказ от дополнительного источника питания
- б. снижение тока накала, и, как следствие магнитного поля, создаваемого подогревателем
- в. уменьшение габаритов катодного узла

Верный ответ: ответ - б.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих