

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

---

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Полупроводниковые материалы и структуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.07.02.01
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	1 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	1 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	1 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	1 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	1 семестр - 93,5 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Тестирование Расчетно-графическая работа Контрольная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	1 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зайцев Ю.В.
	Идентификатор	Rb7a6cef7-ZaitsevYV-c77407dc

(подпись)

Ю.В. Зайцев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

(подпись)

Д.С. Холодный

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З. Славинский

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** ознакомление студентов с основными аспектами современных представлений о механизме формирования диспергированных наноразмерных и сплошных тонких пленок, о взаимосвязи параметров и свойств пленок с условиями их формирования. Рассматриваются также наиболее перспективные вакуумно-плазменные технологии нанесения тонкопленочных покрытий различного назначения, включая методы оперативного контроля основных параметров пленок

### Задачи дисциплины

- получение фундаментальных знаний и практических навыков в интенсивно развивающейся области науки: физике и химии поверхности и тонких пленок, имеющей большое значение для современного материаловедения;

- изучение основ физического представления о поверхностных электронных состояниях, о характере абсорбции и взаимодействия быстрых частиц с поверхностью;

- освоение техники получения тонких пленок и модификации поверхности с помощью традиционных вакуумно-термических, а также современных ионно-лучевых и ионно-плазменных методов;

- изучение основных современных методов исследования поверхности и тонких наноструктурированных слоев.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен проводить и разрабатывать технологические процессы изготовления материалов и изделий микро- и нанoeлектроники с заданными свойствами	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знает методы контроля и исследования материалов микро- и нанoeлектроники	знать: - основные закономерности формирования свойств тонких плёнок с точки зрения технологии их получения;.  уметь: - самостоятельно осваивать и грамотно использовать результаты новых экспериментальных и теоретических исследований в области физики и технологии тонких плёнок.
ПК-1 Способен проводить и разрабатывать технологические процессы изготовления материалов и изделий микро- и нанoeлектроники с заданными свойствами	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> 1 Умеет выбирать перспективные материалы микро- и нанoeлектроники	знать: - методы теоретических подходов в описании и изучении явлений в физике тонких плёнок;.  уметь: - представлять итоги работы в виде научных публикаций, тезисов докладов, оформления заявок на изобретения и др.; использовать результаты исследований для оформления научных проект.
ПК-2 Способен проводить исследования материалов и изделий микро- и нанoeлектроники	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования материалов	знать: - Электрические, тепловые и механические свойства тонких плёнок; особенности структуры и

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
	микро- и нанoeлектроники	фазообразования при получении тонких плёнок; сновные типы дефектов структуры тонких пленок;  уметь: - использовать специализированные знания в области физики и технологии тонких плёнок; применять модели и приближения физики тонких плёнок для описания основных физических свойств в тонкоплёночных структурах;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Полупроводниковые материалы и структуры (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1. Фазовый, ориентационный, структурный и субструктурный размерные эффекты	17	1	5	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "1 семестр" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях: 1. Исследование частотной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь активных диэлектриков 2. Исследование температурной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь активных диэлектриков 3. Исследование гистерезисных параметров активных диэлектриков 4. Исследование вольтамперной характеристики активных диэлектриков. Варисторный эффект 5. Исследование температурной зависимости электропроводности активных диэлектриков. Позисторный эффект 6. Исследование пьезоэлектрических свойств активных диэлектриков 7. Исследование пироэлектрических свойств активных диэлектриков 8. Исследование электрооптических свойств материалов линейной оптики</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется расчеты параметров</p>
1.1	1. Фазовый, ориентационный, структурный и субструктурный размерные эффекты	17		5	-	2	-	-	-	-	-	10	-	

													<p>структур с применением активных диэлектриков. Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: 1. Определить смещение иона титана в элементарной ячейке кристалла титаната бария. 2. Определить напряженность электрического поля в зазоре конденсаторной структуры с электретом. 3. Определить разность потенциалов между противоположными плоскостями пьезоэлектрической пластины, находящейся под воздействием механического напряжения.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "1 семестр"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "1 семестр"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 12-315 [2], 7-178</p>
2	2. Природа и механизм образования дефектов в пленках	18	5	-	3	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания</p>
2.1	2. Природа и механизм образования дефектов в пленках	18	5	-	3	-	-	-	-	-	10	-	

													<p>ориентированы на решения минизадоч по разделу "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках"</p> <p><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

													<p>"Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---



													<p>следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках"</p> <p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 12-315 [2], 7-178</p>
3	3. Влияние основных параметров процесса роста на структуру, ориентацию и фазовый состав конденсир	19	6	-	3	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p>
3.1	3. Влияние основных параметров процесса роста на структуру, ориентацию и фазовый состав конденсир	19	6	-	3	-	-	-	-	-	10	-	<p>по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Параэлектрики". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p>



																	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Параллельности и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Параллельности"</p> <p><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Параллельности" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Параллельности"</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 12-315 [2], 7-178</p>
4	4. Методы получения	18		5	-	3	-	-	-	-	-	10	-				<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b>

	пленок														
4.1	4. Методы получения пленок	18		5	-	3	-	-	-	-	-	10	-		<p>Изучение материала по разделу "Пироэффект и пьезоэффект." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Пироэффект и пьезоэффект.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу</p>



														заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: <b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 12-315 [2], 7-178
5	5. Механизмы роста пленок	18		6	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Материалы линейной и нелинейной оптики." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.
5.1	5. Механизмы роста пленок	18		6	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "Материалы линейной и нелинейной оптики.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать

													<p>выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Материалы линейной и нелинейной оптики."</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Материалы линейной и нелинейной оптики." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Материалы линейной и нелинейной оптики. и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Материалы линейной и нелинейной оптики."</p> <p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического</u></b></p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---





														оптики." материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 12-315 [2], 7-178
6	6. Методы контроля структуры и химического состава поверхности подложек и пленок	18	5	-	3	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электреты" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b>
6.1	6. Методы контроля структуры и химического состава поверхности подложек и пленок	18	5	-	3	-	-	-	-	-	-	10	-	Изучение материала по разделу "Электреты" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Электреты". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Электреты и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и

													<p>задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Электреты" материалу.</p> <p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Электреты"</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Электреты" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции.</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

														Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: <b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: <b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 12-315 [2], 7-178
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	144.0	32	-	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5		
	Итого за семестр	144.0	32	-	16		2		-	0.5		93.5		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. 1. Фазовый, ориентационный, структурный и субструктурный размерные эффекты

1.1. 1. Фазовый, ориентационный, структурный и субструктурный размерные эффекты  
Понятие “тонкая пленка”. Структура тонких пленок. Самостоятельное изучение. Многообразие структур, реализуемое в тонких пленках. Морфологические изменения при росте пленок по Фольмкру-Веберу. Фазовый размерный эффект. Ориентационные изменения при росте пленок для систем со слабым межфазным взаимодействием. Структурные изменения на ранних стадиях роста пленок по механизму Крастанова-Странского. Пленки на поверхности металлов. Пленки на поверхности полупроводников..

#### 2. 2. Природа и механизм образования дефектов в пленках

2.1. 2. Природа и механизм образования дефектов в пленках  
Точечные дефекты и дислокации. Дефекты упаковки.

#### 3. 3. Влияние основных параметров процесса роста на структуру, ориентацию и фазовый состав конденсир

3.1. 3. Влияние основных параметров процесса роста на структуру, ориентацию и фазовый состав конденсир

Температура подложки и скорость конденсации. Ориентация, структура, чистота подложки.

#### 4. 4. Методы получения пленок

4.1. 4. Методы получения пленок

Испарение и конденсация в вакууме. Элементарные сведения о физике процессов. Способы и техника испарения. Ионное распыление. Ионно-плазменное (катодное) распыление. Ионно-лучевое распыление. Химические методы получения пленок.

#### 5. 5. Механизмы роста пленок

5.1. 5. Механизмы роста пленок

Рост по Фольмеру-Веберу. Рост по Франку-Ван дер Мерве.

#### 6. 6. Методы контроля структуры и химического состава поверхности подложек и пленок

6.1. 6. Методы контроля структуры и химического состава поверхности подложек и пленок

Методы исследования атомной структуры поверхности. Исследование морфологии поверхности подложек и пленок. Самостоятельное изучение Методы исследования химического состава тонких пленок и поверхности подложек.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Фазовый, ориентационный, структурный и субструктурный размерные эффекты;
2. Природа и механизм образования дефектов в пленках;
3. Влияние основных параметров процесса роста на структуру, ориентацию и фазовый состав конденсир.;
4. Методы получения пленок;

5. Механизмы роста пленок;
6. Методы контроля структуры и химического состава поверхности подложек и пленок.

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПП)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Параэлектрики"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Пироэффект и пьезоэффект."
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Материалы линейной и нелинейной оптики."
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Электреты"

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Параэлектрики"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Пироэффект и пьезоэффект."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Материалы линейной и нелинейной оптики."
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электреты"

#### Индивидуальные консультации по курсовому проекту/работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках"
2. Консультации проводятся по разделу "Параэлектрики"
3. Консультации проводятся по разделу "Пироэффект и пьезоэффект."
4. Консультации проводятся по разделу "Материалы линейной и нелинейной оптики."
5. Консультации проводятся по разделу "Электреты"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "1"

2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Параэлектрики"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Пироэффект и пьезоэффект."
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Материалы линейной и нелинейной оптики."
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Электреты"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
<b>Знать:</b>								
основные закономерности формирования свойств тонких плёнок с точки зрения технологии их получения;	ИД-1ПК-1	+						Тестирование/КМ-1 Фазовый, ориентационный, структурный и субструктурный размерные эффекты
методы теоретических подходов в описании и изучении явлений в физике тонких плёнок;	ИД-2ПК-1		+					Расчетно-графическая работа/КМ-2 Природа и механизм образования дефектов в пленках
Электрические, тепловые и механические свойства тонких плёнок; особенности структуры и фазообразования при получении тонких плёнок; основные типы дефектов структуры тонких пленок;	ИД-2ПК-2			+				Контрольная работа/КМ-3 Влияние основных параметров процесса роста на структуру, ориентацию и фазовый состав конденсированных веществ.
<b>Уметь:</b>								
самостоятельно осваивать и грамотно использовать результаты новых экспериментальных и теоретических исследований в области физики и технологии тонких плёнок	ИД-1ПК-1				+			Контрольная работа/КМ-4. Методы получения пленок
представлять итоги работы в виде научных публикаций, тезисов докладов, оформления заявок на изобретения и др.; использовать результаты исследований для оформления научных проект	ИД-2ПК-1					+		Контрольная работа/Км-5. Механизмы роста пленок.
использовать специализированные знания в области физики и технологии тонких плёнок; применять модели и приближения физики тонких плёнок для описания основных физических свойств в тонкоплёночных структурах;	ИД-2ПК-2						+	Контрольная работа/Км-6. Методы контроля структуры и химического состава поверхности подложек и пленок

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **1 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. КМ-2 Природа и механизм образования дефектов в пленках (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 Фазовый, ориентационный, структурный и субструктурный размерные эффекты (Тестирование)
2. КМ-3 Влияние основных параметров процесса роста на структуру, ориентацию и фазовый состав конденсированных веществ. (Контрольная работа)
3. КМ-4. Методы получения пленок (Контрольная работа)
4. КМ-5. Механизмы роста пленок. (Контрольная работа)
5. КМ-6. Методы контроля структуры и химического состава поверхности подложек и пленок (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### *Экзамен (Семестр №1)*

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

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Иевлев, В. М. Структурные превращения в тонких пленках / В. М. Иевлев, Л. И. Трусков, В. А. Холмянский . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Металлургия, 1988 . – 324 с.;
2. Ю. П. Корнеева, А. А. Корнеев, А. В. Семенов- "Квантовая эффективность сверхпроводникового однофотонного детектора на основе тонкой пленки NbN", Издательство: "Московский педагогический государственный университет (МПГУ)", Москва, 2015 - (184 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=470626>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.



### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	Е-316, Лаборатория каф. "ФТЭМК"	стол, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное, компьютер персональный, принтер
Помещения для консультирования	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Физика и технология тонких пленок

(название дисциплины)

#### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 КМ-1 Фазовый, ориентационный, структурный и субструктурный размерные эффекты (Тестирование)
- КМ-2 КМ-2 Природа и механизм образования дефектов в пленках (Расчетно-графическая работа)
- КМ-3 КМ-3 Влияние основных параметров процесса роста на структуру, ориентацию и фазовый состав конденсированных веществ. (Контрольная работа)
- КМ-4 КМ-4. Методы получения пленок (Контрольная работа)
- КМ-5 КМ-5. Механизмы роста пленок. (Контрольная работа)
- КМ-6 КМ-6. Методы контроля структуры и химического состава поверхности подложек и пленок (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	3	6	7	9	12	15
1	1. Фазовый, ориентационный, структурный и субструктурный размерные эффекты							
1.1	1.Фазовый, ориентационный, структурный и субструктурный размерные эффекты		+					
2	2. Природа и механизм образования дефектов в пленках							
2.1	2. Природа и механизм образования дефектов в пленках			+				
3	3. Влияние основных параметров процесса роста на структуру, ориентацию и фазовый состав конденсир							
3.1	3. Влияние основных параметров процесса роста на структуру, ориентацию и фазовый состав конденсир				+			
4	4. Методы получения пленок							
4.1	4. Методы получения пленок					+		
5	5. Механизмы роста пленок							
5.1	5. Механизмы роста пленок						+	
6	6. Методы контроля структуры и химического состава поверхности подложек и пленок							

6.1	6. Методы контроля структуры и химического состава поверхности подложек и пленок						+
Вес КМ, %:		15	20	15	20	15	15