

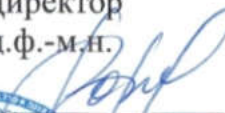
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУ

Программа одобрена  
на заседании  
Ученого совета ИТПЭ РАН

Протокол № 2  
« 12 » апреля 2022 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор  
д.ф.-м.н.



/К.Н. Розанов/

« 12 » апреля 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Процессы синтезирования новых метаматериалов»**

(наименование дисциплины)

Дисциплина по выбору

**СПЕЦИАЛЬНОСТЬ:**

**1.3.13. - Электрофизика, электрофизические установки**

(код и наименование направления подготовки)

**Физико-математические, технические науки**

(отрасль науки)

Форма обучения: **очная**

Москва, 2022 г.

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Целью курса является углубление аспирантами фундаментальных знаний в области технологии создания наноструктур, изучение способов создания метаматериалов и функциональных материалов на их основе, методов исследования и контроля свойств нанообъектов и параметров технологических процессов.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина относится к *вариативным* дисциплинам программы аспирантуры. Изучается во 2 семестре 2 курса. Форма контроля – зачет.

Актуальность курса обусловлена большой практической значимостью технических применений метаматериалов.

### 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, в том числе 1,5 зачетные единицы аудиторных занятий и 2,5 зачетные единицы самостоятельной работы.

### 4. Содержание разделов дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы занятий	Содержание	Объем	
			Аудиторная работа (часы)	Самостоятельная работа (часы)
1.	От естественных материалов к искусственным.	Пути развития технологий – исторический аспект. Простые материалы. Металлы. Сплавы.	2	2
2.	Структурированные материалы.	Структурированные материалы. Композиты. Конструкционные материалы.	4	6
3.	Управляемое формирование свойств.	Управляемое формирование свойств. Метаматериалы.	4	6
4.	Классификация технологий.	Классификация технологий. Равновесные, квазиравновесные процессы, неравновесные,	6	6
5.	Получение объемных материалов.	Получение объемных материалов. Плавка. Прессование. Рост кристаллов.	6	10
6.	Обработка материалов	Обработка материалов. Механическая, химическая, лучевая обработка, гибридные технологии.	6	10
7.	Управление свойствами материалов и структур.	Управление свойствами материалов и структур. Контроль и управление параметрами технологических процессов.	4	10
8.	Методы контроля.	Методы контроля «в процессе» и «после процесса». Разрушающие и не разрушающие методы контроля..	4	10
9.	Исследование процессов и исследование структур.	Исследование процессов и исследование структур. Эпитаксия. Вакуумные технологии. Использование методов тонкопленочных и планарных технологий для создания современных	6	10

		материалов.			
10.	Получение структур с заданными свойствами.	Получение структур с заданными свойствами. Технологического эксперимента.	Планирование	6	10
11.	Примеры конкретных разработок.	Конкретные разработки. Оптимизация.		6	10
Всего:				54	90

**Самостоятельная работа:**

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость (количество часов)
1	<p>- изучение теоретического курса – выполняется самостоятельно каждым студентом по итогам каждой из лекций, результаты контролируются преподавателем на лекционных занятиях, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, методические пособия.</p>	32 часа
2	<p>- решение задач по заданию преподавателя– решаются задачи, выданные преподавателем по итогам лекционных занятий и сдаются в конце семестра, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, а также сборники задач, включая электронные, учебно-методические пособия.</p>	46 часов
3	-подготовка к зачету	12 часов
<b>ВСЕГО (часов)</b>		<b>90 часов</b>

## 5. Ресурсное обеспечение:

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Броудай, Дж. Мерей. Физические основы микротехнологий. М.: Мир, 1985.
2. С. Зи. Физика полупроводниковых приборов. М.: Мир, 1984.
3. М. Херман. Полупроводниковые сверхрешетки. М.: Мир, 1989.
4. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры. М.: Мир, 1989.
5. Основы аналитической микроскопии. Под ред. Д. Д. Гольдштейна. М.: Metallurgia, 1990.
6. Технология тонких пленок. Справочник под ред. Л. Массела, Р. Гленга. М.: Сов. Радио, 1977, Т. 1, 2-768 с.
7. Технология тонких пленок. Под ред. М. Х. Франкомба и Р. У. Гофмана. М.: Мир, 1966.
8. Handbook of advanced of Electronic and Photonic Materials and Device. Vol. 1-10., Ed. Nalwa, Elsevier Science, 2001.
9. Nanotechnology Research Directions, IWGN Workshop Report, Vision for Nanotechnology Research in the Next Decade, M.C. Roco, S. Williams, and P. Alivisatos, eds. Kluwer Academic Publishers, 2000.
10. Ч. Уэрт, Р. Томпсон. Физика твердого тела. М.: Мир, 1966

## **ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»**

Ссылки на ресурсы приведены в ООП.

### **6. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Институт располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебными планами аспирантов, а также эффективное выполнение диссертационной работы. Лаборатории Института оснащены оборудованием для проведения научных исследований в области электрофизики, электродинамики, техники СВЧ и родственных направлений в соответствии с паспортом специальности.

В Институте построены уникальные установки для экспериментальных исследований.

Библиотека с читальным залом, книжный фонд которой составляет специализированная методическая и учебная литература, журналы.

Залы, оснащенные компьютером с проектором, обычной доской – для проведения семинаров, лекционных и практических занятий.

### **7. Образовательные технологии. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

Обучение по дисциплине ведется с применением как традиционных методов, так и с использованием инновационных подходов: активное участие аспирантов в научных семинарах, представление докладов на научные конференции, подготовка научных статей, подготовка презентаций по литературе и по теме диссертации, освоение новых средств автоматизации и компьютеризации выполняемых научных исследований.

Виды самостоятельной работы: в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам Интернет, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию и приборам.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

**8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы.**

***Контрольные темы для проведения текущего контроля:***

1. От естественных материалов к искусственным. Пути развития технологий – исторический аспект. Простые материалы. Металлы. Сплавы. Структурированные материалы. Композиты. Конструкционные материалы.
2. Управляемое формирование свойств. Метаматериалы. Классификация технологий. Равновесные, неравновесные, квазиравновесные процессы.
3. Получение объемных материалов. Плавка. Прессование. Рост кристаллов. Обработка материалов (механическая, химическая, лучевая обработка, гибридные технологии).
4. Управление свойствами материалов и структур. Контроль и управление параметрами технологических процессов. Методы контроля «в процессе» и «после процесса», разрушающие и не разрушающие. Исследование процессов и исследование структур.
5. Методы исследования свойств тонкопленочных структур и поверхностей. Исследование оптических свойств нанокompозитов методом эллипсометрии. Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии. Исследование рельефа и структуры поверхности методом интерференционной микроскопии
6. Эпитаксия. Вакуумные технологии. Использование методов тонкопленочных и планарных технологий для создания современных материалов. Проведение процессов формирования искусственных материалов на основе многослойных тонкопленочных структур и нанокompозитов.
7. Методы формирования тонкопленочных структур. Термическое, ионно-лучевое, электронно-лучевое, магнетронное распыление. Методы формирования топологии поверхности тонких пленок. Литография. Травление.
8. Планирование технологического эксперимента. Оптимизация структур и режимов их формирования.

Зам.директора  
по научной работе ИТПЭ РАН



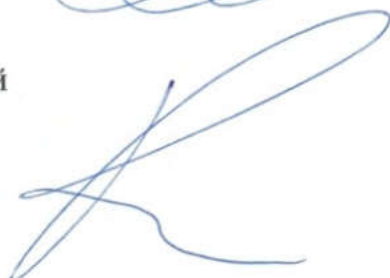
А.М. Мерзликин

Программу разработал



И.А. Рыжиков

Ученый секретарь, заведующий  
аспирантурой ИТПЭ РАН



А.Т. Кунавин