

Силлабус/РПД «Микро - и наносенсорика»

1. Лекторы: Алексеев Прохор Анатольевич (*Alekseev Prokhor*)

2. Ассистенты (если есть): нет

3.

Описание дисциплины:
Курс нацелен на формирование знаний в области нано- и микросенсорики. Рассмотрены базовые принципы работы и примеры современных датчиков, позволяющих регистрировать воздействия различной физической природы. Уделено значительное внимание различным физическим эффектам, проявляющимся на наномасштабах. Рассмотрены принципы и подходы к созданию датчиков, использующих данные эффекты. С одной стороны, показано, как датчики используются в современном экспериментальном оборудовании. С другой стороны, рассмотрены примеры, как недавние экспериментальные работы позволяют создавать датчики с улучшенными характеристиками. Курс включает лабораторный практикум, посвященный методам сканирующей зондовой микроскопии.

4.

Пререквизиты (дисциплины, которые необходимо освоить, чтобы приступить к изучению вашего курса):	Уровень освоения (<i>начальный; средний; высокий</i>)
Общая физика Физика твёрдого тела	Средний Средний

5. Содержание дисциплины

1 семестр

Раздел	Содержание	Кол-во лекций	Кол-во лабораторных	Кол-во практик
1. Современные датчики	1. Измерительные системы. Сенсорика. Различные классификации датчиков. Характеристики датчиков. Передаточная функция датчика. Погрешности измерений. 2. Резистивные датчики. Фоторезистор. Терморезистор. Тензорезистор и др. 3. Влияние поверхностных эффектов на наносенсоры. Гигантский тензорезистивный эффект. Датчики на основе нанопроводов. 4. Химические и биосенсоры. Мозг-машинные интерфейсы. 5. Ёмкостные датчики. Пьезоэлектрический эффект. Сенсорные экраны. 6. Индуктивные датчики. Магнитный поток. Катушка индуктивности. Магнитные датчики. Эффект Холла. Эффект	11	0	0

	<p>холла в графене. Квантовый эффект Холла.</p> <p>7. Магнитные датчики. Гигантское магнитосопротивление. SQUID. Магнитно-резонансная томография.</p> <p>8. Промежуточная аттестация.</p> <p>9. Датчики на поверхностных акустических волнах. Датчики на основе оптических волокон.</p> <p>10. Оптическое разрешение. Дифракционный предел и методы его преодоления. Ближнепольная оптическая микроскопия, STED, STORM и др.</p> <p>11. Резонансные сенсоры. Наномеханические резонаторы. Оптомеханическое связывание. Оптомеханическое охлаждение.</p> <p>12. Применение искусственного интеллекта и нейросетей в физическом эксперименте.</p>			
2. Методы сканирующей зондовой микроскопии	<p>13. Атомно-силовой микроскоп (АСМ), основные узлы, описание работы. Следящая система, получение изображения. Конструкция, материалы и параметры АСМ зонда. Потенциал взаимодействия зонд-поверхность. Предельное разрешение по вертикали и в плоскости.</p> <p>14. Четыре режима работы АСМ: статический контактный, квазистатический прыгающий поточечный, динамические прерывистого контакта и бесконтактный.</p> <p>15. Химический контраст АСМ данных, анализ особенностей рельефа гетерогенных областей, артефакты изображений. Сравнение с традиционными методами химического микроанализа поверхностных структур (ОЖЕ, рентгеновская спектроскопия).</p> <p>16. Принципы АСМ манипуляции наночастицами (молекулами, атомами, и их кластерами). Сканирующая зондовая литография.</p>	4	2	0

6. Рекомендованная литература:

- 1) Фрайден, Дж. Современные датчики. Справочник. Техносфера, 2005.
- 2) Джексон, Р. Г. "Новейшие датчики." 2008.
- 3) Du W. Y. Resistive, capacitive, inductive, and magnetic sensor technologies. – CRC Press, 2014.
- 4) В.Л. Миронов, Основы сканирующей зондовой микроскопии, Учебное пособие для студентов высших учебных заведений., Институт физики микроструктур РАН, Нижний Новгород, 2004 г. <http://ru.ntmdt.ru/SPM-Techniques/SPM-Textbooks>

7. Задания для студентов во время обучения (домашнее задания; практическая работа; лабораторная работа; контрольная работа; коллоквиум и т.д.):

Например:

ПРИМЕР ДОМАШНЕГО/ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ/КОНТРОЛЬНОЙ

Пример домашнего задания

Тема Артефакты в сигналах Сканирующей Зондовой Микроскопии

Вариант 1

Задание 1. Описать искажения сигнала топографии, вызванные формой зонда.

Задание 2. Рассмотреть принципы деконволюции (восстановления) СЗМ изображений

Вариант 2

Задание 1. Описать особенности в контактных СЗМ изображениях рельефа поверхности, проявляющие переходы скольжение-прилипание в контакте зонд-образец.

Задание 2. Описать, как измеряются силовые кривые $F_{xj}(x_i)$; рассмотреть особенности в этих кривых, проявляющие переходы скольжение-прилипание в контакте зонд-образец.

Задание 3. Описать особенности в тэппинг СЗМ изображениях рельефа, проявляющие: бистабильность режима, капиллярные эффекты, вклад во взаимодействие электростатики. ребования:

Оценивание/ количество баллов: 50

КОЛЛОКВИУМ

Вопросы/задания:

Коллоквиум проводится в начале каждой лекции с целью выяснения степени усвоения студентами материала предыдущей лекции. Студентам задаются вопросы о ключевых моментах предыдущей лекции с просьбой прокомментировать.

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ

Описание технологии применения оценочного средства:

формат проведения экзамена/зачета: *устный*

Примерный перечень вопросов/заданий к зачету/экзамену:

Для аттестации необходимо предложить несколько вариантов датчиков по заданию преподавателя.

Например: датчик температуры, который должен работать при температуре 1000С с определённой точностью или датчик магнитного поля, обладающий латеральным пространственным разрешением лучше 1 мкм.

Количество баллов за экзамен/зачет (максимальное и минимальное) 15

8. Постреквизиты (какие навыки и знания студент получит после освоения дисциплины).

Постреквизиты:	Уровень освоения (высокий, средний низкий):
1. После освоения дисциплины студент будет владеть принципами создания современных датчиков. Будет обладать информацией, позволяющей выбрать конкретный датчик для эксплуатации в измерительном приборе или при проектировании экспериментальной установки.	Высокий

2. Будет владеть практическими и теоретическими знаниями по сканирующей зондовой микроскопии.	Средний
---	---------

9. Политика оценивания (пожалуйста, распишите максимально подробно, систему получения оценки)

Максимальное количество баллов за курс	100
Максимальное количество баллов за посещение	15
Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию	15
Максимальное количество баллов за лабораторные работы	50
Максимальное количество баллов за финальный устный экзамен	20

Пример оценивания:

В каждом семестре проводится коллоквиум, устный экзамен и учитываются баллы, полученные на лабораторных занятиях. Для допуска к устному экзамену необходимо набрать не менее 50 баллов.

Максимальное число баллов за курс – 100.

Оценка формируется исходя из количества баллов: от 80 до 100 – «отлично», от 60 до 80 – «хорошо», от 40 до 60 – «удовлетворительно».