

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе
Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора Института по научной работе

 П.Н. Брунков

 2020 г.



Рабочая программа обязательной дисциплины
МЕТОДЫ И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА ФИЗИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
основной образовательной программы подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 03.06.01
Физика и астрономия

Профиль 01.04.05 Оптика

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Принято ученым советом

Протокол №1 от 29.03.2019 г.

Санкт-Петербург
2020



1. ЦЕЛИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина "Методы и техника эксперимента физической электроники" является дисциплиной по выбору в ООП по направлению 03.06.01 Физика и астрономия в плане обучения аспирантов, проходящих подготовку по специальности 01.04.05 Оптика. Таким образом аспирант должен освоить начала экспериментальной техники и методологии, лежащие в основе фундаментальных и прикладных исследований, направленных на разработку и создание новых электронных приборов и устройств. Цель данной программы – передача аспирантам необходимых знаний об основных принципах устройства и функционирования экспериментального оборудования, методах исследований, проводимых в данной области в ФТИ им. А.Ф. Иоффе, используемых средствах диагностики и контроля, и привитие им практических навыков работы на имеющихся в исследовательском арсенале Института установках, приборах и устройствах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

При ее изучении используются знания и навыки, полученные аспирантами при изучении курсов общей и теоретической физики, атомной физики и квантовой механики и предшествующих курсов специальных дисциплин по профилю «Физическая электроника».

Актуальность изучения дисциплины определяется важной ролью эксперимента в области физической электроники, в физики поверхности, вакуумной электронике и в других разделах современной науки и техники. Тематика курса соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации: «Индустрия наносистем и материалов», «Информационно-телекоммуникационные системы».

Курс читается для аспирантов на 2-м году их пребывания в аспирантуре. Обучение ведется в форме аудиторных занятий, лабораторной практики и самостоятельной подготовки.

В результате прохождения курса обучения по данной программе, аспирант должен освоить основные методы проведения эксперимента, в условиях высокого вакуума и с использованием современных методов диагностики поверхности.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Методы и техника эксперимента физической электроники» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки «Физика и астрономия»:

3.1. Универсальные компетенции:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1).

3.2. Общепрофессиональные компетенции:

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

3.3. Профессиональные компетенции:

- способность формулировать задачи экспериментальных исследований, планировать и реализовывать постановку экспериментов, направленных на решение поставленных задач (ПК-1);

- способность проводить самостоятельные исследования, владеть современными методами оптической спектроскопии (ПК-2);

- способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научных исследованиях в области оптики (ПК-3).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут

знать:

- основные методы проведения эксперимента по физической электронике;
- способы получения высокого вакуума,
- основные принципы применения методов атомной физики для диагностики поверхности

уметь:

- работать на современном аналитическом оборудовании,
- самостоятельно выбирать методы исследований изучаемых явлений при взаимодействии фотонов, электронов и ионов с газами, плазмой и поверхностью твердого тела;

владеть опытом:

- самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физической электроники;
- экспериментальных исследований процессов атомных столкновений, свойств поверхности твердых тел, взаимодействия плазма-стенка на современном инновационном оборудовании.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура и содержание дисциплины «Методы и техника эксперимента физической электроники» общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

4.1. Объем дисциплины и количество учебных часов:

Вид учебной работы	Трудоемкость (в часах)
Аудиторные занятия	14
Лекции	14
Семинары	-
Лабораторные занятия	-
Другие виды учебной работы (зачет по темам курса)	
Внеаудиторные занятия	94
Самостоятельная работа аспиранта	94
ИТОГО	108
Вид итогового контроля	зачет

4.2. Структура дисциплины

4.3.

№ п/п	Тема	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу, и трудоемкость (в часах)			
		Лек.	Сем.	Лаб.	СР
1	Основные направления экспериментальных исследований в области физ.электроники. Классификация, параметры, принципы устройства используемого экспериментального оборудования. Существующие в институте техники и технологии (физика поверхности, масс-спектрометрия, физика атомных столкновений).	2			15
2	Правила безопасности при работе на экспериментальных установках	3			15
3	Основные принципы получение высокого вакуума в физике поверхности.	3			15
4	Теория и практика электронной микроскопии.	3			15
5	Масс-спектрометрические методы	3			15
6	Изучение поверхности твердого тела и межфазовых границ методами электронной и ионной спектроскопии и микроскопии				16
	ИТОГО	14			94

4.3. Содержание разделов и тем

1. Основные направления экспериментальных исследований в области физической электроники

Классификация, параметры, принципы устройства используемого экспериментального оборудования. Существующие в институте техники и технологии (физика поверхности, масс-спектрометрия, физика атомных столкновений).

2. Правила безопасности при работе на экспериментальных установках

3. Основные принципы получение высокого вакуума в физике поверхности.

Основные типы вакуумных насосов. Проводимость вакуумных трубопроводов.

Измерения вакуума. Обезгаживание и очистка поверхностей

4. Теория и практика электронной микроскопии. Основные принципы работы просвечивающих и растровых электронных микроскопов. Основные закономерности рассеяния электронов. Вторичные электроны.

5. Масс-спектрометрические методы. Статические и динамические масс-спектрометры. Квадрупольные масс-спектрометры. Время пролетные масс-спектрометры. Примеры применения масс-спектрометров.

6. Изучение поверхности твердого тела и межфазовых границ методами электронной и ионной спектроскопии и микроскопии

Дифракция электронов, Оже анализ. Фотоэлектронная спектроскопия. Рассеяние ионов на поверхности. Обратное резерфордское рассеяние.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология процесса обучения по дисциплине **"Методы и техника эксперимента физической электроники"** включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- б) лабораторные работы;
- в) самостоятельная работа студентов;
- г) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию;

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, групповые лабораторные занятия.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала и четко структурировать материал занятия.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- обучение способности быстро сориентироваться при изучении конкретного явления,

самостоятельно изучить литературу по изучаемому вопросу и составить план исследований;

- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Исследование поверхности методом масс-спектрометрии. Основные измеряемые параметры.
2. Статические и динамические масс-спектрометры.
3. Квадрупольные масс-спектрометры
4. Время пролетные масс-спектрометры
5. Проведение количественного анализа методом масс-спектроскопии. Использование лазерного излучения и ионизации электронным пучком для количественного анализа.
6. Метод исследования поверхности с помощью рассеяния медленных ионов. Основные характеристики.
7. Метод обратного Резерфордовского рассеяния (ОРР).
8. Учет электронного экранирования при анализе данных, полученных методом ОРР.
9. Фотоэлектронная спектроскопия для анализа элементного состава.
10. Особенности применения фотоэлектронной спектроскопии для химического анализа.
11. Оже спектроскопия. Основные характеристики.
12. Основные типы спектрометров, применяемых в электронной спектроскопии.
13. Метод дифракции электронов.
14. Применение пучков ионов для имплантации и модификации поверхности.
15. Пробеги ионов в веществе, основные каналы потери энергии, разброс пробегов.
16. Основные принципы работы растровых и просвечивающих электронных микроскопов.
17. Побеги электронов в веществе, Основные закономерности рассеяния электронов. Вторичные электроны.

18. Рентгеновская флюоресцентная спектроскопия.
19. Ионный микроскоп.
20. Термодесорбционные методы исследования поверхности.
21. Спектроскопия характеристических потерь при использовании рассеяния электронов.
22. Фокусировка пучков заряженных частиц.
23. Основные типы вакуумных насосов.
24. Проводимость вакуумных трубопроводов.
25. Методы измерения вакуума.
26. Обезгаживание и очистка поверхности в вакуумных установках.
27. Основные правила электробезопасности при работе с высоким напряжением.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Распыление твёрдых тел ионной бомбардировкой. Ред. Бериша, М., Мир, т.1, 1984, т.2, 1986.
2. Методы анализа поверхности. – Ред. Зандера, М., Мир, 1979.
3. Применение электронной спектроскопии для анализа поверхности. Под ред. Х. Ибаха, пер. с англ. Зинатне, Рига, 1980.
4. Анализ поверхности методами Оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Под ред. Д.Бриггса и М.П.Сиха; пер с англ. М., Мир, 1987.
5. Э. Зандерна Физика поверхности: Пер. с англ. / Э. Зенгуил. — Москва: Мир, 1990. 536 с.
6. А.М. Шикин. Взаимодействие фотонов и электронов с твердым телом. СПб, ВВМ, 2008, - 294 с.
7. Л.И. Розанов Вакуумная техника, М., Высшая школа, 1990.
8. Т.Л. Саксаганский Вакуумная техника и технология электрофизического эксперимента, М.1989
9. А.П. Сенченков Техника физического эксперимента, М., Энергоиздат, 1983
10. Технические описания, инструкции по эксплуатации используемого лабораторного оборудования и установок, составленные предприятиями-изготовителями или создателями уникальных установок в ФТИ; описания и инструкции к используемым прикладным программным продуктам.

7.2. Интернет-ресурсы

Отечественные журналы:

1. Известия вузов. Материалы электронной техники (<http://met.misis.ru/index.php/jour> ; доступ с 2012 по текущий год)
2. Квантовая электроника (<http://www.quantum-electron.ru/pa.phtml?page=onlcont>; доступ с 1971 по 2012)
3. Микроэлектроника (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900; доступ с 2007 по текущий год)

Отечественные журналы в переводе:

1. Quantum Electronics (<http://iopscience.iop.org/1063-7818/>; доступ с 1971 по текущий год)
2. Russian Microelectronics (<http://link.springer.com/journal/11180> ; доступ с 2009 по текущий год)

Иностранные журналы:

Advanced Electronic Materials

- (<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%292199-160X> ; доступ с 2015 года)
1. IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering (<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291931-4981> ; доступ с 2006 по текущий год)
 2. Journal of Electronic Materials (<http://link.springer.com/journal/11664>; доступ с 1972 по текущий год)
 3. Microelectronic Engineering (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/01679317>: доступ с 2006 по текущий год)
 4. Microelectronics Journal (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00262692>; доступ с 2006 по текущий год)
 5. Microwave Journal (<http://www.microwavejournal.com/publications/> ; доступ с 2002 по текущий год)
 6. Nature Photonics (<http://www.nature.com/nphoton/index.html>; доступ с 2007 по текущий год)
 7. Opto-Electronics Review (<http://link.springer.com/journal/11772>; доступ с 2006 по 2014)
 8. Progress in Quantum Electronics (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00796727> ; доступ с 2006 по текущий год)
 9. Solid-State Electronics (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00381101>; доступ с 2006 по текущий год)

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория
2. Мультимедийный проектор
3. Персональный компьютер

4. Лаборатория физики атомных столкновений с установкой для комплексного неразрушающего исследования состава и структуры приповерхностных слоев и пленок нанометровых толщин по рассеянию ионов средних энергий —РИСЭ.
5. Лаборатория физики элементарных структур на поверхности, располагающая экспериментальным комплексом для исследования поверхности методами электронной спектроскопии, дифракции и СТМ и узкоапертурным времяпролетным атомным зондом.
6. Лаборатория атомных столкновений в твердых телах, имеющая многоканальный электронный спектрометр для одновременного измерения энергетических и угловых распределений оже- и рассеянных электронов для неразрушающего определения профиля элементного состава по глубине твердого тела и фотоэлектронный спектрометр LHS-11.