

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова»

Базовая кафедра нанотехнологий в электронике
в ЯФ ФГБУН ФТИАН им. К. А. Валиева РАН



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.А.Кузнецова

» сентября 2023 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА

программа повышения квалификации

«Теория и методы электрохимической импеданс-спектроскопии»

36 ак. часов

для лиц, имеющих высшее профессиональное образование

для специалистов в сфере производства наноструктур и наноматериалов, наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем

Форма обучения
очно-заочная

Ярославль

АННОТАЦИЯ

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «**Теория и методы электрохимической импеданс-спектроскопии**», 36 ак. часов направлена на развитие и совершенствование профессиональных компетенций специалистов в сфере производства наноструктур и наноматериалов с заданными параметрами, наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем.

Программа предполагает изложение разделов стандартного курса электрохимической импеданс-спектроскопии на языке физической кинетики, что является актуальным ввиду расширения применения методов импеданс-спектроскопии при разработке новых приборов и материалов. В настоящее время в аккумуляторной промышленности наблюдается тенденция на миниатюризацию химических источников, это привело к появлению нового класса твердотельных тонкопленочных литий-ионных аккумуляторов, для производства которых используются технологии микроэлектроники. Электроды таких аккумуляторов выполнены из полупроводниковых материалов, перенос заряда в которых описывается с использованием понятийного аппарата и терминологии физики полупроводников.

Программа разработана с учетом требований профессиональных стандартов в сфере нанотехнологий и микроэлектроники, в частности,

40.006 Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем;

40.007. Инженер-технолог в области производства наногетероструктурных СВЧ-монолитных интегральных схем

40.016. Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле

29.002. Специалист технического обеспечения технологических процессов приборов квантовой электроники и фотоники;

40.104 Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур,

29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе

29.005. Специалист по технологии производства систем в корпусе

Программа рекомендована для освоения обучающимися высших учебных заведений по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и микроэлектроника.

В результате обучения выпускник приобретает широкий набор компетенций в области электрохимической импедансной спектроскопии, необходимых для разработки и освоения новых технологических процессов при производстве наноразмерных интегральных схем и приборов гражданского и военного применения для различных областей техники.

Требования к слушателям

Высшее профессиональное образование.

Объем программы 36 ак. часов.

Срок реализации программы: 2 недели, в соответствии с календарным графиком.

Форма обучения: очно-заочная, с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Особенности программы. Лица, освоившие дополнительную профессиональную программу повышения квалификации и прошедшие итоговую аттестацию, получают *удостоверение о повышении квалификации установленного образца.*

1. Общие сведения

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации (ДПП ПК) «Теория и методы электрохимической импеданс-спектроскопии», 36 ак. часов устанавливает требования к результатам обучения, определяет содержание и виды учебных занятий и контроля результатов обучающихся.

ДПП ПК предназначена для преподавателей и лиц, осваивающих образовательную программу (слушателей).

ДПП ПК реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (онлайн-курс).

2. Цели и результаты освоения программы

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «Теория и методы электрохимической импеданс-спектроскопии», 36 ак. часов направлена на развитие и совершенствование профессиональных компетенций специалистов в сфере производства наноструктур и наноматериалов с заданными параметрами, наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем.

Программа предполагает изложение разделов стандартного курса электрохимической импеданс-спектроскопии на языке физической кинетики, что является актуальным ввиду расширения применения методов импеданс-спектроскопии при разработке новых приборов и материалов. В настоящее время в аккумуляторной промышленности наблюдается тенденция на миниатюризацию химических источников, это привело к появлению нового класса твердотельных тонкопленочных литий-ионных аккумуляторов, для производства которых используются технологии микроэлектроники. Электроды таких аккумуляторов выполнены из полупроводниковых материалов, перенос заряда в которых описывается с использованием понятийного аппарата и терминологии физики полупроводников.

Нормативная правовая база программы:

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» 273-ФЗ от 29 декабря 2012 года
2. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 1 июля 2013 г. N 499 г. Москва "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам"
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 11.10.2023 № 1678 Об утверждении Правил применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ

Программа разработана с учетом требований профессиональных стандартов в сфере нанотехнологий и микроэлектроники, в частности,

40.006 Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем;

40.007. Инженер-технолог в области производства наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем

40.016. Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле

29.002. Специалист технического обеспечения технологических процессов приборов квантовой электроники и фотоники;

40.104 Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур,

29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе.

29.005. Специалист по технологии производства систем в корпусе.

Программа рекомендована для освоения обучающимися высших учебных заведений по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника.

Программа основана на оригинальном экспериментальном материале и на собственных теоретических разработках авторов. Постановка краевых задач переноса заряда, их решение и интерпретация результатов являются оригинальными и даются с использованием физической терминологии и понятийного аппарата.

В результате обучения выпускник приобретает широкий набор компетенций в области электрохимической импедансной спектроскопии с использованием понятийного аппарата физики твердого тела и физики полупроводников. Данные компетенции необходимы, в частности, для разработки и освоения новых технологических процессов, используемых при производстве наноразмерных интегральных схем и приборов гражданского и военного применения для различных областей техники.

Выпускник программы **будет знать**:

представление комплексных функций на фазовой плоскости;

основы ионной проводимости твердых тел;

методы моделирования импеданса;

идеальные и неидеальные элементы структурной модели;

аналоговые и цифровые методы измерения импеданса

методы работы на стандартных импеданс-спектрометрах

методы обработки и графического представления результатов измерений.

Выпускник программы **будет способен**

разрабатывать структурные модели электрохимических систем;

решать краевые задачи электропроводности и массопереноса;

отображать результаты измерений в виде диаграмм Боде и Найквиста;

разрабатывать на основе диаграмм структурные модели исследуемых образцов;

рассчитывать импеданс структурной модели и сопоставлять его с результатами эксперимента.

Требования к слушателям

Высшее профессиональное образование.

3. Объем и сроки освоения программы

Объем программы 36 ак. часов, в том числе контактных – 12 ак часов.

Срок реализации программы: 3 недели, в соответствии с календарным графиком.

Форма обучения: очно-заочная, с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Лица, освоившие дополнительную профессиональную программу повышения квалификации и прошедшие итоговую аттестацию, получают *удостоверение о повышении квалификации установленного образца.*

4. Учебный план

ДПП ПК «Теория и методы электрохимической импеданс-спектроскопии», 36 ак. часов

№	Наименование тем, разделов	Всего ак. Часов	В том числе		СР	Форма контроля результатов
			Лекции	Практические, лабораторные работы, семинары		
1	Введение. Краткий очерк истории развития импеданс-спектроскопии	1	1	-	-	
2	Комплексные числа и комплекснозначные функции	2	1		1	
3	Импеданс идеальных структурных элементов и их цепей. Представление импеданса на фазовой плоскости	4	1	2	1	Решение задач
4	Электрохимический импеданс	5	1	2	2	Решение задач
5	Импеданс Варбурга	5	1	2	2	Решение задач
6	Импеданс Геришера	5	1	2	2	Решение задач
7	Элемент постоянной фазы	4	1	1	2	Решение задач
8	Примеры использования структурных моделей. Измерение коэффициента диффузии материалов на примере твердого электролита LIPON	5	1	2	2	Решение задач
9	Измерение электрохимического импеданса	3	1	1	1	Решение задач
10	Итоговая аттестация	2			2	Зачет (тест)
		36	9	12	15	

5. Календарный учебный график

Срок освоения программы – 2 недели, средний объем учебной нагрузки в неделю – 12 часов.

№	Наименование тем, разделов,	Учебная неделя		
		1	2	3
1	Введение. Краткий очерк истории развития импеданс-спектроскопии			
2	Комплексные числа и комплекснозначные функции			
3	Импеданс идеальных структурных элементов и их цепей. Представление импеданса на фазовой плоскости			
4	Электрохимический импеданс			
5	Импеданс Варбурга			
6	Импеданс Геришера			

