

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт радиотехники и электроники им.В.А.Котельникова РАН**

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

_____ **С.А. Никитов**

« » _____ **2015 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Компьютерное моделирование и автоматизированное проектирование
сверхвысокочастотных систем»**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки:

_____ 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи» _____

(наименование направления подготовки)

Направленность подготовки:

05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты микро- и
нанoeлектроники, приборы на квантовых эффектах»

(наименование направленности)

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь.**

Форма обучения: **очная**

Москва, 2015 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является формирование у аспирантов базы знаний по современным методам компьютерного моделирования электродинамических систем и их применению для проектирования СВЧ структур.

Задачами данного курса являются:

- Знакомство аспирантов с объектами электродинамического моделирования.
- Знакомство аспирантов с методами описания объектов электродинамического моделирования.
- Знакомство аспирантов с современными подходами в постановке и решении граничных задач электродинамики.
- Знакомство аспирантов с современными системами электродинамического моделирования и автоматизированного проектирования и принципами их организации.
- Развитие навыков к по созданию новых подходов при постановке и решении задач фундаментального и прикладного значения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина относится к *обязательным* дисциплинам программы аспирантуры.

Актуальность курса обусловлена необходимостью создания новых и совершенствования существующих твердотельных электронных приборов, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая проблемы и задачи, связанные с разработкой научных основ, физических и технических принципов создания и совершенствования указанных приборов, компонентов, изделий. Основным содержанием курса являются научные и технические исследования и разработки в области физики, схемотехники, конструкции, технологии, моделирования, измерения характеристик, испытания, применения указанных приборов, компонентов, изделий. Значение решения научных и технических проблем данной специальности для народного хозяйства состоит в разработке новых и совершенствовании существующих перечисленных приборов, компонентов, изделий, повышении их функциональных и эксплуатационных характеристик, а также эффективности применения.

Для эффективного изучения дисциплины требуется использование дополнительной литературы, а также непосредственное участие при подготовке и проведении экспериментов.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих *универсальных* компетенций:

1. 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);
2. способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
3. готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
4. готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
5. способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
6. способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих *обще*профессиональных компетенций:

1. владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
2. владением культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
3. способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
4. готовностью организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);
5. готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих профессиональных компетенций:

Способность проводить исследования в области твердотельных электронных приборов, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая проблемы и задачи, связанные с разработкой научных основ, физических и технических принципов создания и совершенствования указанных приборов, компонентов, изделий (ПК-1).

Карты профессиональных компетенций

КОМПЕТЕНЦИЯ: ПК-1 (05.27.01) Способность проводить исследования в области твердотельных электронных приборов, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая проблемы и задачи, связанные с разработкой научных основ, физических и технических принципов создания и совершенствования указанных приборов, компонентов, изделий (ПК-1).

(шифр и название)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки «Электроника, радиотехника и системы связи» осваивается в течение всего периода обучения в рамках дисциплин (модулей) вариативной части и педагогической практики независимо от формирования других компетенций, и обеспечивает реализацию обобщенной трудовой функции «Проводить научные исследования и реализовывать проекты»

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры должен:

ЗНАТЬ: физическую, естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, основные тенденции развития твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах.

УМЕТЬ: осуществлять отбор материала, характеризующего область твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, с учетом конкретной научной или технической задачи.

ВЛАДЕТЬ: навыками работы в научном коллективе; приемами целеполагания, планирования, реализации необходимых видов деятельности, оценки и самооценки результатов деятельности по решению задач твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-4) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: методики анализа современных физико-технических проблем,	Не имеет базовых знаний о методиках анализа современных	Допускает существенные ошибки при раскрытии содержания методик анализа	Демонстрирует частичные знания содержания методик анализа современных	Демонстрирует знания сущности методик анализа современных физико-	Раскрывает полное содержание методик анализа современных

<p>способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах</p>	<p>физико-технических проблем твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, способах и методах решения экспериментальных и теоретических задач</p>	<p>современных физико-технических проблем твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач.</p>	<p>физико-технических проблем твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач, указывает способы реализации, но не может обосновать возможность их использования в конкретных ситуациях.</p>	<p>технических проблем твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач, отдельных особенностей методик и способов их реализации, но не выделяет критерии выбора конкретных методов и способов при решении научных задач.</p>	<p>физико-технических проблем твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач, всех их особенностей, аргументированно обосновывает критерии выбора методик анализа современных физико-технических проблем твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач при решении профессиональных</p>
<p>УМЕТЬ: критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять</p>	<p>Не умеет и не готов критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения</p>	<p>Имея базовые представления о современных физико-технических проблемах твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, и способах их решения, не способен определить</p>	<p>При анализе конкретной научной задачи не учитывает тенденции развития твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах</p>	<p>Умеет критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать,</p>	<p>Готов и умеет критически анализировать проблемы разработки твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, ставить задачи и разрабатывать программу</p>

полученные результаты, исходя из тенденций развития твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах	экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности.	границы их применимости в конкретных ситуациях.		представлять и применять полученные результаты, но не полностью учитывает тенденции развития твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах.	исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития области твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах
ВЛАДЕТЬ: приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению научных задач развития твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах	Не владеет приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению задач развития твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах	Владеет отдельными приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению стандартных научных задач развития твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, допуская ошибки при выборе приемов и технологий их реализации	Владеет отдельными приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению стандартных задач развития твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, давая не полностью аргументированное обоснование предлагаемого варианта решения.	Владеет приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению стандартных профессиональных задач развития твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, полностью аргументируя предлагаемые варианты решения.	Демонстрирует владение системой приемов и технологий целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению нестандартных профессиональных задач развития твердотельной электроники, радиоэлектронных компонент микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, полностью аргументируя выбор предлагаемого варианта решения

ПРОЦЕДУРЫ И ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ У ОБУЧАЮЩИХСЯ

Предусмотрены следующие виды контроля и аттестации обучающихся при освоении основных образовательных программ:

- текущий контроль успеваемости;

- промежуточная аттестация по завершению периода обучения (учебного года (курса), семестра);
- итоговая (государственная итоговая) аттестация по завершению основной образовательной программы в целом.

Под **образовательным модулем** понимается структурный элемент образовательной программы, имеющий определённую логическую завершенность по отношению к требуемым результатам освоения образовательной программы в целом (компетенциям). Образовательный модуль имеет «входные требования» в виде набора необходимых для его освоения компетенций (или ВУЗов) и четко сформулированные планируемые результаты обучения, которые в совокупности должны обеспечить обучающемуся освоение одной компетенции или группы компетенций. Если модуль столь велик, что не может быть реализован в течение одного учебного года, его можно разделить на учебные элементы (дисциплины, части дисциплин, междисциплинарные виды учебной деятельности), каждый из которых реализуется в рамках одного семестра или учебного года. Для таких учебных элементов должны быть определены свои результаты обучения (имеющие промежуточный характер по отношению к результатам обучения по модулю в целом), создано соответствующее учебно-методическое обеспечение (согласованное с рабочей программой и учебно-методическим обеспечением модуля в целом). Учебные элементы модуля, которые реализуются в рамках одного учебного года, должны заканчиваться промежуточной аттестацией. По результатам освоения всего модуля должен быть проведен рубежный контроль уровня сформированности запланированной компетенции (компетенций). Модуль может осваиваться параллельно или последовательно с другими структурными элементами образовательной программы, дискретно или непрерывно.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплин (модулей) и прохождения практик, он может проводиться в виде оценки участия обучающихся в научных и научно-методических мероприятиях, в т.ч. семинарах, дискуссиях, конференциях, исследовательской и публикационной активности, результативности исследовательской и преподавательской деятельности и т.д.

По ПК-1 проводится в основном в виде оценки подготовленных по промежуточным результатам проведенных исследований материалов для участия в научных семинарах и конференциях, собственно участия в научных семинарах и конференциях, а также в виде оценки публикационной активности и результативности исследовательской деятельности.

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по каждой дисциплине (модулю) и практике за определенный период обучения (семестр) и может проводиться в форме экзаменов, зачетов, защиты промежуточных результатов исследовательской работы, в т.ч. подготовленных в виде публикаций в соответствии с предъявляемыми требованиями и др.

По ПК-1 проводится в форме защиты перед аттестационной комиссией промежуточных результатов исследовательской работы, как правило, за годовой период обучения с предоставлением рабочих материалов и публикаций.

Итоговая (государственная итоговая) аттестация имеет целью определить степень сформированности всех компетенций обучающихся (или всех ключевых компетенций, определенных образовательной организацией совместно с работодателями – заказчиками кадров). ГИА проводится в форме государственного экзамена по обязательным дисциплинам учебного плана по направлению подготовки и выбранной научной специальности (профиля).

Типы контроля для оценивания результатов обучения.

Для оценивания результатов обучения в виде **знаний** используются следующие типы контроля:

- тестирование;
- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Тестовые задания должны охватывать содержание всего пройденного материала. Индивидуальное собеседование, письменная работа проводятся по разработанным вопросам по отдельному учебному элементу программы (дисциплине).

Для оценивания результатов обучения в виде **умений и владений** используются следующие типы контроля:

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

По сложности ПКЗ разделяются на простые и комплексные задания.

Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия. К ним можно отнести: простые ситуационные задачи с коротким ответом или простым действием; несложные задания по выполнению конкретных действий. Простые задания применяются для оценки умений. Комплексные задания требуют многоходовых решений как в типичной, так и в нестандартной ситуациях. Это задания в открытой форме, требующие поэтапного решения и развернутого ответа, в т.ч. задания на индивидуальное или коллективное выполнение проектов, на выполнение практических действий или лабораторных работ. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

Типы практических контрольных заданий:

- задания на установление последовательности разработки программы исследования при решении профессиональной задачи в области электроники, радиотехники и систем связи;
- задания на аргументированное обоснование критериев выбора методики исследования при решении профессиональной задачи в области электроники, радиотехники и систем связи;
- задания на разработку плана реализации экспериментальных исследований, учитывающего ресурсные и временные ограничения участников проекта;
- задания на понимание специфики особенностей различных типов представления результатов экспериментальных исследований перед разными аудиториями;
- задания на умение интерпретировать, представлять и применять полученные результаты экспериментальных исследований, исходя из тенденций развития электроники, радиотехники и систем связи.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, в том числе 2 ЗЕ аудиторных занятий и 5 ЗЕ самостоятельной работы.

5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Уравнения Максвелла, среды и граничные условия, источники энергии, виды граничных задач	Определение стационарных однородных уравнений Максвелла. Макроскопическое описание сред, изотропные, анизотропные и гиротропные среды, металлы. Источники в электродинамике: заданные токи, плоские волны, сосредоточенные генераторы, волны направляющих структур. Виды граничных условий: условия Дирихле и Неймана, односторонние и двухсторонние импедансные граничные условия, условия Щукина - Леонтовича. Условия излучения на бесконечность. Внешние и внутренние граничные задачи.
2	Объекты электродинамического моделирования и их параметры	Излучающие структуры, антенны и их параметры: диаграмма направленности, поляризация, вторичные параметры антенн. СВЧ многополюсники, матричное описание многополюсников, матрица рассеяния. Периодические структуры и антенные решетки.
3	Универсальные методы решения трехмерных граничных задач	Общая схема метода конечных элементов. Общая схема метода интегральных уравнений.
4	Асимптотические методы решения граничных задач	Особенности моделирования структур с большими электрическими параметрами. Метод физической оптики. Метод краевых волн.
5	Собственные волны волноводов, волновые и сосредоточенные порты	Формулировка задачи на собственные волны. Собственные волны закрытых и открытых волноводов, понятие полного спектра собственных волн. Ортогональность собственных волн. Особенности Т - волн проводных линий передачи. Определение волнового порта, одномодовые и многомодовые порты. Сосредоточенные порты, пределы их применимости.
6	Симметрия в задачах электродинамики, симметричные СВЧ многополюсники	Принцип зеркального изображения в электродинамике. Понятия идеальной электрической и магнитной стенок. Метод симметрии. Симметричные СВЧ многополюсники: свойства матриц рассеяния симметричных многополюсников.
7	Периодические структуры и граничные условия периодичности, моделирование фазированных антенных решеток	Теорема Флоке для периодических структур. Граничные условия периодичности. Моделирование антенных решеток: понятие канала Флоке, связь между диаграммой направленности решетки и матрицей рассеяния канала Флоке.
8	Декомпозиция электродинамических структур, составные СВЧ многополюсники	Принципы декомпозиции сложных СВЧ структур на элементарные многополюсники, многомодовые матрицы рассеяния. Волновые матрицы передачи и их применение для анализа каскадно соединенных многополюсников. Матрица рассеяния сложного многополюсника. Универсальные методы анализа

		сложных СВЧ схем.
9	Система электродинамического моделирования High Frequency System Simulator	Общая характеристика систем на основе универсальных методов решения уравнений Максвелла. Схема построения системы HFSS: методы решения граничных задач, создание объектов анализа, адаптивная генерация сеток, назначение граничных условий, источники колебаний, сходимость решения.
10	Система электродинамического моделирования Microwave Office	Общая характеристика систем 2.5-мерного электродинамического моделирования. Схема построения системы MWO: методы решения граничных задач, создание объектов анализа, адаптивная генерация сеток, назначение граничных условий, источники колебаний, сходимость решения. Характеристика схемотехнической части системы MWO.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	Вид занятия	Форма проведения занятий	Цель
1	лекция	Изложение теоретического материала	Получение теоретических знаний по дисциплине
2	семинар	Рассмотрение вопросов применения теоретического материала к решению физических задач	Получение практических знаний по дисциплине
3	самостоятельная работа студента	самостоятельное изучение рекомендованной литературы, в том числе научно-периодических изданий, подготовка к экзамену	Повышение степени понимания материала

7. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная литература

1. Митра Р. Вычислительные методы в электродинамике. М.: Мир. 1977.
2. Гупта К., Гардж Р., Чадха Р. Машинное проектирование устройств СВЧ. М: Радио и связь 1987.
3. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. М.: Радио и связь. 1988.
4. Неганов В.А., Осипов О.В., Раевский С.Б., Яровой Г.П. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Радиотехника. 2007.
4. Колтон Д., Кресс Р. Методы интегральных уравнений в теории рассеяния. М.: Мир. 1987.
5. Левин Л. Теория волноводов. М.: Радио и связь. 1981.
6. Уфимцев П.Я. Теория дифракционных краевых волн в электродинамике. М.: Изд-во БИНОМ. 2012.

Дополнительная литература

1. Itoh T. Numerical Techniques for Microwave and Millimeter-Wave Passive Structures. New York. John Wiley & Sons. 1989.
2. Банков С.Е., Курушин А.А., Разевиг В.Д. Анализ и оптимизация трехмерных СВЧ структур с помощью HFSS (Agilent). М.: Изд-во Солон-пресс. 2004.

Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных

1. <http://jre.cplire.ru/jre/library/index.html> Банков С.Е., Курушин А.А. Электродинамика и техника СВЧ для пользователей САПР.
2. <http://jre.cplire.ru/jre/library/index.html> Банков С. Е., Курушин А. А. Проектирование СВЧ устройств и антенн с Ansoft HFSS.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

Ссылки на ресурсы приведены в ООП.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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. Аудитория с персональными компьютерами для проведения практических занятий.

Обеспечение самостоятельной работы: доступ в сеть Интернет, доступ к рекомендованной литературе.

При обучении используется лицензионная система электродинамического моделирования High Frequency System Simulator.

Освоение курса проходит на базе следующих лабораторий ИРЭ им.В.А.Котельникова РАН:

- Лаборатория микро- и наноэлектроники (лаб. 173)
 - Лаборатория физических основ функциональной тонкопленочной оксидной электроники (лаб. 233)
 - Лаборатория теоретических проблем физической электроники (лаб. 185)
 - Лаборатория исследования свойств магнитных и оптических микро- и наноструктур (лаб. 191)
- При освоении материала курса используется следующее оборудование:

- Туннельный микроскоп STLM/AFM 2000
- Система автоматизированного управления интегральным спектрометром
- Микроскоп VARIO 100 HD
- Туннельный микроскоп STLM/AFM 2000
- Установка для анализа спектра SpectraPro 2500i
- Zeiss 1540 EsB в комплекте
- Туннельный микроскоп STLM/AFM 2000
- Система автоматизированного управления интегральным спектрометром
- Микроскоп VARIO 100 HD
- Лаборатория микро- и наноэлектроники (лаб. 173)
- Спектрометр ИК-фурье ФСМ-1202
- Система для изготовления п/п пластин модель "М"
- Система регистрации процесса микротравления
- Zeiss 1540 EsB в комплекте
- Установка высокочастотного плазмохимического травления March Yupiter II фирмы «March Instruments Incorporated» с рабочей частотой генератора 13.56 МГц;
- Профилометр ALPHA-STEP IQ электронный
- Высоковакуумная высокопрецизионная универсальная установка для магнетронного напыления многослойных тонкопленочных микроструктур
- Базовый блок двухканального измерителя напряжения/ тока
- Установка для анализа спектра SpectraPro 2500i
- Пикосекундный лазер с импульсной диодной накачкой Лазер LS-2132UTF
- Микроскоп VARIO 100 HD

9. 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.

10. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.

Контрольные вопросы по обязательной и вариативной частям дисциплины для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Импедансные граничные условия в электродинамике. Общий принцип формулировки, области применения.
2. Условия излучения на бесконечность. Формулировки условий излучения и их физический смысл.
3. Симметрия в электродинамике, парциальные структуры, симметричные СВЧ многополюсники, плоскости симметрии. Применение метода симметрии для уменьшения времени численного решения.
4. Сходимость численного решения граничной задачи, критерии сходимости.
5. Электродинамическое моделирование периодических структур, граничные условия периодичности, канал Флоке.
6. Электродинамическая модель бесконечной периодической структуры, связь матрицы рассеяния канала Флоке и его диаграммы направленности.
7. Условие корректной декомпозиции сложной структуры на элементарные многополюсники, многомодовая матрица рассеяния.
8. Собственная волна направляющей структуры, ортогональность собственных волн, волнового понятие порта в системе электродинамического моделирования.
9. Сосредоточенный порт, условия корректного использования.
10. Метод физической оптики в задачах рассеяния электромагнитных волн.
11. Метод краевых волн в теории дифракции.
12. Общая схема метода конечных элементов.
13. Общая схема метода интегральных уравнений.
14. Сравнительный анализ разных методов решения граничных задач электродинамики.

11. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ: русский

Разработчик:

Доктор технических наук, профессор

С.Е. Банков

Ученый секретарь ИРЭ им.В.А.Котельникова РАН

И.И.Чусов

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого Совета

ИРЭ им.В.А.Котельникова РАН

«18» сентября 2015 г.