

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра «Проектирование и технологии радиоаппаратуры»



Оминов

2017 г.

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСТВО В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Учебный модуль по направлению подготовки
11.06.01. Электроника, радиотехника и системы связи

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО
Начальник управления аспирантуры и
ординатуры

П.И. Максимюк

«18» 06 2017 г.

Разработал
профессор кафедры ПТРА

В.М. Петров

«17» 06 2017 г.

Принято на заседании кафедры ПТРА
Протокол № 10 от 14.06.2017 г.

Заведующий кафедрой

М.И. Бичурин

«17» 06 2017 г.

1 Цели освоения дисциплины

Основной целью освоения дисциплины «Магнитоэлектричество в композиционных материалах» является: формирование компетентности аспирантов в области методологии и основных методов моделирования эксплуатационных параметров магнитострикционно-пьезоэлектрических композитов и структур при исследовании, проектировании и эксплуатации электронных средств.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование у аспирантов системы теоретических знаний в области методологии и основных методов моделирования эксплуатационных параметров материалов ЭС;
- формирование у аспирантов понимания значимости знаний и умений по дисциплине при проектировании конструкций и технологических процессов производства ЭС.

2 Место дисциплины в ОП

Дисциплина «Магнитоэлектричество в композиционных материалах» относится к блоку дисциплин по выбору учебного плана. Образовательный аспект предполагает приобретение знаний о параметрах магнитострикционно-пьезоэлектрических композитов и структур.

3 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность использования методов математического моделирования и создания оригинальных математических моделей при проведении научных исследований, разработке и эксплуатации объектов профессиональной деятельности ЭРиСС (ПК-1);
- способность формулировать перспективные задачи исследований и разработки на основе прогнозов направления развития объектов профессиональной деятельности ЭРиСС (ПК-4);
- способность использовать передовые отечественные и зарубежные достижения в области ЭРиСС при проведении научных исследований и разработки перспективных технологий, систем и устройств на их основе (ПК-5);
- способность к обоснованному выбору экспериментально-измерительной базы проведения научных исследований и проектных работ при создании объектов профессиональной деятельности ЭРиСС (ПК-6);
- способность к проведению комплексных исследований и разработке объектов профессиональной деятельности ЭРиСС, при которых учитываются электрические, тепловые, механические, ионизирующие воздействия и параметры надежности и характеристики объектов (ПК-9).

В результате освоения дисциплины аспирант (соискатель) должен:

знать:

–методы разработки математических моделей эксплуатационных параметров материалов ЭС;

—методы исследования, выполнять их сравнительный анализ; выполнять анализ результатов экспериментальных и теоретических исследований;

уметь:

проводить анализ эффективности методов решения задач моделирования и оптимизации;

владеть:

технологией моделирования параметров магнитострикционно-пьезоэлектрических композитов и структур, методами представления моделей в алгоритмическом и математическом виде.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Трудоемкость учебного модуля

В структуре УМ выделены учебные элементы модуля (УЭМ) в качестве самостоятельных разделов

Очная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		2	
Полная трудоемкость дисциплины в зачетных единицах (ЗЕ)	2	2	ПК-1, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-9
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	2	2	
- лекции		2	
- практические занятия			
- лабораторные занятия			ПК-1, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-9
- аудиторная СРС		0	
- внеаудиторная СРС		70	
Аттестация: зачет	2	72	

4.2 Содержание дисциплины

1 Основные понятия теории магнитоэлектрического взаимодействия. Предмет курса, его цели и задачи. Мультиферроики. Прямой и обратный магнитоэлектрический эффект.

2 Математическая модель магнитоэлектрического эффекта в слоистых структурах. Основные уравнения. Магнитоэлектрический коэффициент по напряжению.

3 Влияние изгибных деформаций слоистых структур на магнитоэлектрический эффект.

4 Измерение параметров магнитоэлектрического эффекта. Прямой и обратный эффекты.

5 Гигантский магнитоэлектрический эффект в композитах в области электромеханического резонанса. Продольная и изгибная моды.

6 Магнитоэлектрический эффект в области магнитного резонанса. Высокочастотная магнитоэлектрическая восприимчивость.

7 Магнитоэлектрический эффект в композитах в области магнитоакустического резонанса.

8 Магнитоэлектрический эффект в наноструктурных композитах. Перспективы применения магнитоэлектрического эффекта в композиционных феррит-пьезоэлектрических материалах.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.5 Темы домашних заданий для СРС

СРС 1 – Выбор материалов для магнитострикционных компонентов магнитоэлектрических слоистых структур.

СРС 2 - Выбор материалов для пьезоэлектрических компонентов магнитоэлектрических слоистых структур.

СРС 3 – Псевдо-пьезомагнитный эффект в магнитострикционных материалах.

СРС-4 – Расчет влияния подложки на магнитоэлектрический эффект в двухслойной пленочной структуре

СРС 5 – Магнитоэлектрические датчики магнитного поля.

СРС 6- Магнитоэлектрические датчики тока.

СРС 7 – Устройства для сбора энергии на основе магнитоэлектрического эффекта.

СРС 8 - Примеры конструкций электрически перестраиваемых полосно-пропускающих фильтров СВЧ.

4.6 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: рубежный – на девятой неделе семестра; семестровый – по окончании изучения УМ.

Оценка качества освоения модуля осуществляется в соответствии с положениями «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования» и «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников».

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение В)

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по модулю используется лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами для лекций-презентаций, презентаций проектов и видеоматериалов.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В - Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А
(обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля «Магнитоэлектричество в композиционных материалах»

Учебный модуль «Магнитоэлектричество в композиционных материалах» состоит из взаимосвязанных разделов, по которым предусмотрены лекционные и самостоятельные работы. Учебный модуль посвящен рассмотрению основных методов моделирования эксплуатационных параметров магнитострикционно-пьезоэлектрических композитов и структур при исследовании, проектировании и эксплуатации электронных средств.

В таблице А.1 отражены разделы модуля, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студента и ссылки на необходимую литературу.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекционных занятиях, а также усваивается студентом на самостоятельных занятиях при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела и указана в таблице А.1.

Таблица А.1

Тема занятий	Форма проведения	Рекомендуемая литература
1 Основные понятия теории магнитоэлектрического взаимодействия. Предмет курса, его цели и задачи. Мультиферроики. Прямой и обратный магнитоэлектрический эффект.	Лекция СРС	Бичурин М.И., Петров В.М. Теоретическое моделирование магнитоэлектрического эффекта в магнитострикционно-пьезоэлектрических наноструктурах /Академия Естествознания, 2013
2 Математическая модель магнитоэлектрического эффекта в слоистых структурах. Основные уравнения. Магнитоэлектрический коэффициент по напряжению.	СРС	Бичурин М.И., Петров В.М. Теоретическое моделирование магнитоэлектрического эффекта в магнитострикционно-пьезоэлектрических наноструктурах /Академия

		Естествознания, 2013.
3 Влияние изгибных деформаций слоистых структур на магнитоэлектрический эффект.	CPC	M. Bichurin and V. Petrov. Modeling of Magnetoelectric Effects in Composites /Springer 2014, 108 P.
4 Измерение параметров магнитоэлектрического эффекта. Прямой и обратный эффекты.	CPC	Бичурин М.И., Петров В.М. Теоретическое моделирование магнитоэлектрического эффекта в магнитострикционно-пьезоэлектрических наноструктурах /Академия Естествознания, 2013 M. Bichurin and V. Petrov. Modeling of Magnetoelectric Effects in Composites /Springer 2014, 108 P.
5 Гигантский магнитоэлектрический эффект в композитах в области электромеханического резонанса. Продольная и изгибная моды.	CPC	Бичурин М.И., Петров Р.В., Петров В.М. Резонансные эффекты в магнитострикционно-пьезоэлектрических композитах для твердотельных электронных устройств /Palmarium Academic Publishing, 2012. 264 с..
6 Магнитоэлектрический эффект в области магнитного резонанса. Высокочастотная магнитоэлектрическая восприимчивость.	CPC	Бичурин М.И., Петров Р.В., Петров В.М. Резонансные эффекты в магнитострикционно-пьезоэлектрических композитах для твердотельных электронных устройств /Palmarium Academic Publishing, 2012. 264 с.
7 Магнитоэлектрический эффект в композитах в области магнитоакустического резонанса.	CPC	Бичурин М.И., Петров Р.В., Петров В.М. Резонансные эффекты в магнитострикционно-пьезоэлектрических композитах для твердотельных электронных устройств /Palmarium Academic Publishing, 2012. 264 с. M. Bichurin and V. Petrov. Modeling of Magnetoelectric Effects in Composites /Springer 2014, 108 P.
8 Магнитоэлектрический эффект в наноструктурных композитах. Перспективы применения магнитоэлектрического эффекта в композиционных феррит-пьезоэлектрических материалах.	CPC	Бичурин М.И., Петров В.М. Теоретическое моделирование магнитоэлектрического эффекта в магнитострикционно-пьезоэлектрических наноструктурах /Академия Естествознания, 2013

А.2 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Для самостоятельной работы и для подготовки к лабораторным работам, контрольной работе, экзамену рекомендуется пользоваться основной и дополнительной учебно-методической литературой, представленной в таблице А.1 и в карте учебно-методического обеспечения.

Пример заданий на самостоятельную работу:

1. Выбор материалов для магнитострикционных компонентов магнитоэлектрических слоистых структур.
2. Выбор материалов для пьезоэлектрических компонентов магнитоэлектрических слоистых структур.
3. Псевдо-пьезомагнитный эффект в магнитострикционных материалах.
4. Магнитоэлектрические датчики магнитного поля.
5. Магнитоэлектрические датчики тока.
6. Устройства для сбора энергии на основе магнитоэлектрического эффекта.
7. Примеры конструкций электрически перестраиваемых полосно-пропускающих фильтров СВЧ.

А.3 Организация и проведение контроля

Рубежный контроль

Рубежная аттестация по учебному модулю проводится на девятой неделе семестра по результатам текущего контроля, который проводится в рамках СРС. Пороговому уровню соответствует 25 баллов, максимальное количество баллов – 50 .

Семестровый контроль

Качество усвоенного материала учебного модуля проверяется при итоговой аттестации студентов - зачете.

Вопросы для зачета:

- 1 Основные понятия теории магнитоэлектрического взаимодействия. Прямой и обратный магнитоэлектрический эффект.
- 2 Магнитоэлектрическая восприимчивость и магнитоэлектрический коэффициент по напряжению.
- 3 Мультиферроики. Магнитоэлектрический эффект в мультиферроиках.
- 4 Взаимодействие магнитной и упругой подсистем кристалла. Магнитострикционные материалы.

- 5 Псевдо-пьезомагнитное взаимодействие. Пьезомагнитные коэффициенты.
- 6 Выбор материалов для магнитоэлектрических компонентов магнитоэлектрических слоистых структур.
- 7 Пьезоэлектрические материалы. Пьезокерамика.
- 8 Выбор материалов для пьезоэлектрических компонентов магнитоэлектрических слоистых структур.
- 9 Математическая модель магнитоэлектрического эффекта в симметричных слоистых структурах. Основные уравнения.
- 10 Концентрационная зависимость магнитоэлектрического эффекта в симметричных слоистых структурах.
- 11 Влияние изгибных деформаций слоистых структур на магнитоэлектрический эффект.
- 12 Концентрационная зависимость магнитоэлектрического эффекта в двухслойных слоистых структурах.
- 13 Измерение параметров магнитоэлектрического эффекта. Прямой и обратный эффекты.
- 14 Гигантский магнитоэлектрический эффект в композитах в области электромагнитного резонанса. Продольная мода.
- 15 Магнитоэлектрический эффект в композитах в области изгибной моды.
- 16 Магнитоэлектрический эффект в композитах в области сдвиговой моды.
- 17 Магнитоэлектрический эффект в области магнитного резонанса. Сдвиг частоты ФМР в структуре феррит-пьезоэлектрик во внешнем постоянном электрическом поле.
- 18 Влияние внешнего электрического поля на высокочастотную магнитную восприимчивость.
- 19 Высокочастотная магнитоэлектрическая восприимчивость структуры феррит-пьезоэлектрик.
- 20 Влияние изгибных деформаций слоистых структур на магнитоэлектрический эффект в области магнитного резонанса.
- 21 Влияние подложки на магнитоэлектрический эффект в области магнитного резонанса в пленочных структурах феррит-пьезоэлектрик.
- 22 Прямой магнитоэлектрический эффект в слоистых структурах в области магнитоакустического резонанса.
- 23 Обратный магнитоэлектрический эффект в слоистых структурах в области магнитоакустического резонанса.
- 24 Магнитоэлектрический эффект в наноструктурных композитах. Влияние несоответствия кристаллических решеток подложки и компонентов пленочной структуры.
- 25 Перспективы применения магнитоэлектрического эффекта в композиционных феррит-пьезоэлектрических материалах. Магнитоэлектрические датчики магнитного поля.
- 26 Перспективы применения магнитоэлектрического эффекта в композиционных феррит-пьезоэлектрических материалах. Магнитоэлектрические датчики тока.
- 27 Устройства для сбора энергии на основе магнитоэлектрического эффекта.
- 28 Электрически перестраиваемые фильтры СВЧ на основе магнитоэлектрического эффекта.
- 29 Примеры конструкций электрически перестраиваемых полосно-пропускающих фильтров СВЧ.
- 30 СВЧ антенна на основе феррит-пьезоэлектрической слоистой структуры.

Приложение Б
Технологическая карта дисциплины «Магнитоэлектричество в композиционных материалах»
семестр – 2, ЗЕ – 2, вид аттестации – зачет, акад.часов – 72, баллов рейтинга – 100

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ неде-ли сем.	Трудоемкость, ак. час					СРС	Форма текущего контроля успеv. (в соотv. с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Контактная работа (аудиторные занятия)							
		ЛЕК			АСРС				
1 Основные понятия теории магнитоэлектрического взаимодействия. Предмет курса, его цели и задачи. Мультиферроики. Прямой и обратный магнитоэлектрический эффект.	1-2	1				8	СРС-1	10	
2 Математическая модель магнитоэлектрического эффекта в слоистых структурах. Основные уравнения. Магнитоэлектрический коэффициент по напряжению .	3-4					8	СРС-2	10	
3 Влияние изгибных деформаций слоистых структур на магнитоэлектрический эффект.	5-6					9	СРС-3,	10	
4 Измерение параметров магнитоэлектрического эффекта. Прямой и обратный эффекты.	7-9					9	СРС-4	10	
5 Гигантский магнитоэлектрический эффект в композитах в области электромеханического резонанса. Продольная и изгибная моды.	10-11					9	СРС-5	10	
6 Магнитоэлектрический эффект в области магнитного резонанса. Высокочастотная магнитоэлектрическая восприимчивость.	12-13					9	СРС-6	10	
7 Магнитоэлектрический эффект в композитах в области магнитоакустического резонанса.	14-15					8	СРС-7	10	
8 Магнитоэлектрический эффект в наноструктурных композитах. Перспективы применения магнитоэлектрического эффекта в	16-17	1				8	СРС-8	10	

композиционных феррит-пьезоэлектрических материалах. радиоприемных устройств, влияющих на ЭМС.								
Рубежная аттестация	9							20
Зачет						2		
Итого:		2				70		100

В соответствии с положениями «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования» и «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников»

перевод баллов рейтинга в традиционную систему оценок осуществляется по шкале:

отлично – (90-100) % от 50 х Т

хорошо – (70-89) % от 50 х Т

удовлетворительно – (50-69) % от 50 х Т ,

неудовлетворительно – менее 50 % от 50 х Т

Т- трудоемкость в зачетных единицах

**Приложение Г
(обязательное)
Карта учебно-методического обеспечения**

Модуля ____ Магнитоэлектричество в композиционных материалах

Направление (специальность) ____ 11.06.01. Электроника, радиотехника и системы связи
 Формы обучения ____ дневная

Курс ____ 1 ____ Семестр ____ 2 ____

Часов: всего ____ 72 ____, лекций ____ 2 ____, СРС и виды индивидуальной работы
 (курсовая работа, КП) ____ 70 ____

Обеспечивающая _____ кафедра
 _____ ПТРА _____

Таблица 1- Обеспечение модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1. Бичурин М. И. Магнитоэлектрические материалы на сверхвысоких частотах / М. И. Бичурин, В. М. Петров ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Новгород, 1999. - 154с.	8	
2. Магнитоэлектрический эффект в композиционных материалах / М. И. Бичурин [и др.] ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2005. - 226с.	11	
3. Магнитоэлектрические материалы / Акад.естествознания. - М., 2006. – 296 с.	1	
Учебно-методические издания		
1 Магнитоэлектричество в композиционных материалах. Рабочая программа / Сост. Петров В.М.; НовГУ.- Новгород, 2017. - 24 с.		

Таблица 2 – Информационное обеспечение модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронн ый адрес	Примечани е
1. Бичурин М.И., Петров В.М. Теоретическое моделирование магнитоэлектрического эффекта в магнитострикционно-пьезоэлектрических наноструктурах /Академия Естествознания, 2013	https://www. monographies .ru/ru/book/vi ew?id=228	

2. М.И. Бичурин, В.М. Петров, Д.А. Филиппов, Г. Сринивасан, С.В. Нан. Магнитоэлектрические материалы / Академия естествознания 2006	https://www.rae.ru/ru/publishing/mono03.html	

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1. Перекрестные эффекты в феррит-пьезоэлектрических структурах : монография / Д. А. Филиппов, В. М. Петров ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2009. – 98 с.	10	

Действительно для учебного года _____ / _____

Зав. кафедрой _____
подпись И.О.Фамилия

_____ 20..... г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ: _____
_____ должность подпись
расшифровка