

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 физики твердого тела и микроэлектроники



**Микроэлектронные приборы с расширенными
эксплуатационными характеристиками**

Учебная дисциплина (модуль) по направлению высшего образования – подготовка
кадров высшей квалификации (аспирантура)

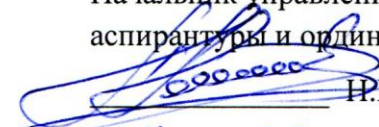
11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность: Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и
наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

Начальник управления
аспирантуры и ординатуры


Н.Н. Максимюк
« 07 » 06 2017

Разработал

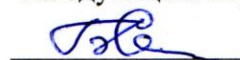
Заведующий кафедрой ФТТМ


Б.И. Селезнев
« 5 » июня 2017 г.

Принято на заседании КФТТМ

Протокол № 11 от 05.06 2017 г.

Заведующий кафедрой ФТТМ


Б.И. Селезнев

1 Цели и задачи дисциплины (учебного модуля)

Цель изучения учебного модуля (УМ):

Основной *целью* преподавания дисциплины является развитие конструктивных моделей многокомпонентных твердых растворов и политипных модификаций, моделей формирования микро- и наноструктур на основе соединений A^3B^5 и SiC и разработка СВЧ микроприборов с расширенным частотным диапазоном, полицветных фотоприемников, измерительных микросистем оптоэлектроники для экстремальных условий эксплуатации.

Основная задача дисциплины:

- овладение современными моделями создания микроэлектронных приборов с расширенными эксплуатационными характеристиками;
- овладение технологиями создания микроэлектронных приборов с расширенными эксплуатационными характеристиками.

2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки

Учебный модуль Б.1.В.3 «Микроэлектронные приборы с расширенными эксплуатационными характеристиками» направлен на подготовку к сдаче кандидатского экзамена входит в вариативную часть блока 1. Изложение курса базируется на результатах изучения учебного модуля базовой части блока 1: «Электроника, радиотехника и системы связи».

В результате изучения предшествующего модуля и для изучения УМ «Микроэлектронные приборы с расширенными эксплуатационными характеристиками» обучающиеся должны:

знать:

- технологию создания твердотельных микро- и наноструктур;
- физические процессы, лежащие в основе функционирования базовых полупроводниковых структур;
- физические и математические модели приборов и устройств электроники и наноэлектроники.

уметь:

- применять физические и математические модели для расчета характеристик микроструктур;
- выявлять доминирующие физико-химические факторы в технологическом цикле создания микроприборов;

владеть:

– современным математическим аппаратом, используемым для построения моделей приборов и устройств электроники и навыками расчета основных параметров и характеристик приборов твердотельной электроники.

Освоение данного модуля необходимо при изучении следующих учебных модулей:

- блок 2 «Практика»;
- блок 3 «Научно-исследовательская работа».

3. Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
	1 семестр	
Трудоёмкость модуля в зачетных единицах (ЗЕ)	3	
Распределение трудоёмкости по видам УР в академических часах (АЧ)	8	
лекции	8	УК-1, УК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-9
практические занятия	0	
лабораторные работы	0	
Самостоятельная работа	100	
Аттестация		
- зачет		

4 Содержание и структура разделов учебного модуля**4.1 Обобщенная решеточная модель перестройки твердых растворов**

Модель процессов перестройки твердых растворов на основе обобщенной решеточной модели. Вклад локальных искажений кристаллической решетки в полупроводниковых твердых растворах изовалентного замещения в массовый оператор электронов.

4.2 Модель локализации электронных состояний в изовалентных твердых растворах полупроводников

Модель электронных состояний в полупроводниковых твердых растворах. Модель глубоких заряженных центров в изовалентных твердых растворах полупроводников. Прогнозирование зависимости ширины запрещенной зоны многокомпонентных изовалентных твердых растворов A^3B^5 от состава. Порог локализации электронных состояний в изовалентных твердых растворах. Квантовые кинетические уравнения с учетом перенормировки электронного энергетического спектра.

Модели идентификации дефектов структуры полупроводников, основанные на вейвлет-анализе изображений.

4.3 Тепловые модели и характеристики температурных полей микроизлучателей на основе карбида кремния в экстремальных условиях эксплуатации

Построение тепловой модели на основе математического моделирования. Анализ температурных полей в сложнопрофильных полупроводниковых системах карбида кремния с кондуктивными связями в условиях высоких температур газового потока. Статистическая модель, учитывающая влияние внешних факторов на яркостную температуру микроизлучателей.

4.4 Оптико-геометрическая и тепловая модели полупроводникового микроизлучателя

Оптико-геометрическая и тепловая модель полупроводникового бикристалльного люминесцентного микроизлучателя на основе измерений яркостной температуры телевизионно – пирометрическим методом.

4.5 Моделирование микроприборов и интегральных микросхем на основе нанослоевых композиций для СВЧ техники

Моделирование СВЧ монокристаллических интегральных схем на рНЕМТ наногетероструктурах в системе автоматизированного проектирования, разработанной компанией Applied Wave Research (AWR) Microwave Office (MWO) версия 2006.

4.6 Микроприборы для СВЧ техники для диапазона частот 0,4 – 37 ГГц

Арсенид-галлиевые полевые транзисторы с барьером Шоттки средней мощности для частот 450 МГц с параметрами: $K_{ш} = 0.5$ дБ, $K_{ур} = 18,5$ дБ.

Малошумящие арсенид-галлиевые полевые транзисторы с барьером Шоттки на рНЕМТ наногетероструктурах с параметрами: коэффициент шума 0.5 дБ и коэффициент усиления 14 дБ на частоте 12 ГГц.

Сверхширокополосная малошумящая СВЧ монокристаллическая интегральная схема на арсениде галлия для диапазона частот 0,4 – 4,0 ГГц, обеспечивающая коэффициент усиления по мощности 15 дБ, коэффициент шума не более 1,5 дБ. На частоте 0,9 ГГц значения параметров: $K_{ш} = 0,7$ дБ, $K_{ур} = 18,5$ дБ.

4.7 Методики диагностики

Методики диагностики полицветных фотоприемников. Методики диагностики нанослоевых композиций для СВЧ техники. Методики формирования сложнопрофильных политипных модификаций кристаллов карбида кремния. Измеритель характеристик микроструктур для СВЧ техники на пластине. Применение полупроводниковых электролюминесцентные микроизлучателей на карбиде кремния для высокотемпературных пирометрических и телевизионных измерений.

4.8 Полицветные фотоприемники

Сэндвич-фотоприемники трех типов, отличающиеся числом каналов и спектральным диапазоном.

5. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность 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);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- способность использования методов математического моделирования и создания оригинальных математических моделей при проведении научных исследований, разработке и эксплуатации объектов профессиональной деятельности ЭРиСС (ПК-1);
- способность применять методы анализа и синтеза при исследовании и разработке конкретных объектов профессиональной деятельности ЭРиСС, работающих на различных физических принципах (ПК-3);

- 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 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:

- области применения СВЧ приборов, полицветных фотоприемников, тепловых и электролюминесцентных микроизлучателей на карбиде кремния;
- вопросы моделирования и технологию изготовления СВЧ микроприборов с расширенным частотным диапазоном, полицветных фотоприемников, измерительных микросистем оптоэлектроники для экстремальных условий эксплуатации.

уметь:

применять микроприборы с расширенными эксплуатационными характеристиками при создании различных устройств электроники.

владеть:

методиками измерения параметров микроприборов.

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.

6. Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра и семестровый зачет – по окончании изучения УМ.

Семестровая аттестация проходит на 18-й неделе в виде зачета. Зачет проставляется по результатам текущего контроля за соответствующий период. Максимальное количество баллов по модулю – 108.

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: самостоятельная работа по ознакомлению с аналитическим оборудованием и научно-технической литературой, зачет.

Содержание видов контроля и график отражены в технологической карте учебного модуля (приложение Б). Паспорта компетенций представлены в приложении В.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине необходима лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами и специальное оборудование: зондовая станция с системой исследования статических характеристик микроэлектронных приборов, спектральное оптическое оборудование.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В – Паспорт компетенций

Г – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

«Микроэлектронные приборы с расширенными эксплуатационными характеристиками»

Учебный модуль «Микроэлектронные приборы с расширенными эксплуатационными характеристиками» состоит из взаимосвязанных разделов, по которым предусмотрена самостоятельная работа.

В таблице А.1 отражены темы, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студентов и ссылки на дополнительную литературу.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на формирование системы знаний о

конструктивных моделях многокомпонентных твердых растворов и политипных модификаций, моделях формирования микро- и наноструктур на основе соединений A^3B^5 и SiC, способах разработки СВЧ микроприборов с расширенным частотным диапазоном, полицветных фотоприемников, измерительных микросистем оптоэлектроники для экстремальных условий эксплуатации.

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

А.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов по УМ предусматривает проработку необходимых разделов конспекта лекций и ознакомление с оборудованием. Самостоятельно изученные теоретические материалы оформляются в виде рефератов и представляются при сдаче зачетов.

Примерные темы рефератов

1. Твердые растворы на основе соединений A^3B^5 .
2. Модели перестройки твердых растворов.
3. Модели электронных состояний в полупроводниковых твердых растворах.
4. Приборы экстремальной электроники на основе карбида кремния.
5. Нанослоевые композиции для СВЧ техники на основе арсенида галлия.
6. Методы диагностики нанослоевых композиций для СВЧ техники на основе арсенида галлия.
7. Методы диагностики полицветных фотоприемников.

Таблица А.1 – Организация изучения учебного модуля «Микроэлектронные приборы с расширенными эксплуатационными характеристиками»

Разделы	Технология формы проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература
1. Решеточные модели полупроводниковых твердых растворов	Информационная лекция	- изучение литературы по теме - подготовка реферата	1 Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов: учеб. пособие для вузов / М.М.Мирошников. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2010. – 697 с. 2 Полупроводниковые материалы и приборы для жестких условий эксплуатации /Александр Полищук // Современная электроника, «2006.– № 4.– С. 20-24. 3 Анализ кристаллов интегральных схем/Под общей ред. В.В. Лучинина: СПбГЭТУ. СПб.– 2016. – 216 С. 5 Терагерцовые системы и технологии (обзор современного состояния / Гареев Г.З. // СПбГЭТУ «ЛЭТИ» – 2015. – 228 с.
1.2 Карбид кремния и нитрид галлия – материалы экстремальной электроники	- информационная лекция		
1.3 СВЧ микроэлектронные приборы на арсениде галлия	- информационная лекция		
1.4 Полупроводниковые фотоприемники для широкого диапазона длин волн	- информационная лекция - защита рефератов		

Приложение Б
Технологическая карта
учебного модуля «Микроэлектронные приборы с расширенными эксплуатационными характеристиками»
семестр 1, ЗЕТ 3, вид аттестации зачет, акад.часов 108, баллов рейтинга 108

Номер и наименование раздела учебного модуля	№ недели сем.	Трудоемкость, ак. ч.		Форма текущего контроля успеваемости	Макс. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия			
		Лекции	Самостоятельная работа		
	1-18	8	100		
1. Обобщенная решеточная модель перестройки твердых растворов	1-2	1	15	Работа на Л	
2. Модель локализации электронных состояний в изовалентных твердых растворах полупроводников	3-4	1	10	Работа на Л	
3.Тепловые модели и характеристики температурных полей микроизлучателей на основе карбида кремния в экстремальных условиях эксплуатации	5-6	1	10	Работа на Л	
Оптико-геометрическая и тепловая модели полупроводникового микроизлучателя	7-8	1	10	Работа на Л	
5. Моделирование микроприборов и интегральных микросхем на основе нанослоевых композиций для СВЧ техники	9-10	1	15	Работа на Л	
6. Микроприборы для СВЧ техники для диапазона частот 0,4 – 37 ГГц	11-12	1	15	Работа на Л	
7. Методики диагностики	13-14	1	15	Работа на Л	
Полицветные фотоприемники	15-16	1	10	Работа на Л	
Семестровый контроль				зачет	
Итого		8			

Приложение Г

Карта учебно-методического обеспечения

Учебного модуля «Микроэлектронные приборы с расширенными эксплуатационными характеристиками»

Учебная дисциплина (модуль) по направлению подготовки

кадров высшей квалификации (аспирантура)

11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность – 05.27.01. Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

Формы обучения очная

Год обучения 1 Семестр 1

Всего: 3 ЗЕ, часов: 108, лекций 8; , Самостоятельная работа 100

Обеспечивающая кафедра ФТТМ, институт ИЭИС

Таблица Г.1 - Обеспечение учебного 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. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие для вузов / А.Н.Игнатов. - СПб.: Лань, 2011. – 538 с.	10	
2. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов: учеб. пособие для вузов / М.М.Мирошников. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2010. – 697 с.	5	
3. Диагностика материалов методами сканирующей зондовой микроскопии. Учебн. Пособие / Под редакцией В.А. Мошникова. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ» – 2012 – 172 с.	3	
4. Наногетероструктуры в сверхвысокочастотной полупроводниковой электронике. Москва: Техносфера – 2010. – 432 с.	3	
Карбид кремния – перспективный материал силовой электроники/Радьков А.В. –Молодой ученый, 2017. – №7. – С. 149-152.		+

5. Теория электронной структуры полупроводниковых твердых растворов замещения. Аналитические подходы. Обзор. /А.Ю. Захаров // Физика и техника полупроводников. – 2015. – Т. 49.– Вып. 7, С. 865–886. Перевод: Theory of the Electronic Structure of Substitutional Semiconductor Alloys // Semiconductors, 2015, Vol. 49, No. 7, pp. 843–866).		+
--	--	---

Действительно для учебного года 2017 / 2018

Зав. кафедрой  Б.И. Селезнев

5 июня 20 г.