

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебно-методической работе,
профессор

Е.Г. Елина

2016 г.



Рабочая программа дисциплины

**Нелинейные явления и самоорганизация в
полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах**

Направление подготовки магистратуры
11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Профиль подготовки магистратуры
«Диагностика нано- и биомедицинских систем»

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
очная

Саратов, 2016 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Нелинейные явления и самоорганизация в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах» является формирование у магистрантов комплекса профессиональных знаний и умений в области физики работы полупроводниковых электронных приборов в нелинейных режимах и связанных с этим нелинейных явлениях и явлениях самоорганизации.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о физической природе нелинейных явлений и явлений самоорганизации в полупроводниковых приборах;
- формирование умений теоретически исследовать физические процессы, протекающие в структурах полупроводниковых приборов, работающих в режимах при которых возникают нелинейные явления и явления самоорганизации;
- формирование владений методами и навыками экспериментального исследования и теоретического расчета параметров и характеристик полупроводниковых приборов, работающих в режимах при которых возникают нелинейные явления и явления самоорганизации;
- формирование знаний практического использования полупроводниковых электронных приборов, работающих в режимах при которых возникают нелинейные явления и явления самоорганизации.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина по выбору «Нелинейные явления и самоорганизация в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах» относится к вариативной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» и изучается магистрантами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» профиль подготовки «Диагностика нано- и биомедицинских систем», в течение 1 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные магистрантами знания по физике, математике, химии, термодинамике, электродинамике сплошных сред, физике полупроводников, физическим основам твердотельной электроники и подготавливает магистрантов к изучению в том же или последующих семестрах таких дисциплин, как элементы и приборы наноэлектроники, актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники, микроэлектроника и наноэлектроника, физика фотонных кристаллов, бионаносенсорика, физические принципы работы твердотельных приборов СВЧ-электроники, оптика наноструктур, лазерные автодинные технологии для анализа нано-и биомедицинских систем.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Нелинейные явления и самоорганизация в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах» формируются следующие компетенции: ОПК-1, ОПК-4.

ОПК-1. Способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения

ОПК-4. Способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области

В результате освоения дисциплины обучающийся магистрант должен:

- знать физическую природу нелинейных явлений и явлений самоорганизации в полупроводниковых приборах.
- уметь решать практические задачи, связанные с использованием режимов работы полупроводниковых электронных приборов, при которых возникают нелинейные явление и явления самоорганизации.
- владеть методами и навыками теоретического расчета режимов работы полупроводниковых электронных приборов, при которых возникают нелинейные явление и явления самоорганизации.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се-местр	Неделя се-местра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу магистрантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лаб	Пр	СРС	
1	Введение. Предмет курса.	1	1			2	2	
2	Фазовые переходы в термодинамически неравновесных системах.	1	2 - 5			8	8	Проверка выполнения заданий на самостоятельную работу
3	Колебания в нелинейных системах. Хаотическое поведение.	1	6 - 9			8	8	Проверка выполнения заданий на самостоятельную

								ную работу
4	Примеры явлений в полупроводниках, которые можно интерпретировать как фазовые переходы.	1	10 - 13			8	8	Проверка выполнения заданий на самостоятельную работу
5	Образование структур. Динамика переключения.	1	14 - 18			10	10	Проверка выполнения заданий на самостоятельную работу
	Итого:					36	36	Экзамен 36 час

Содержание дисциплины

- 1. Фазовые переходы в термодинамически неравновесных системах.** Процессы токопрохождения в широкозонных материалах в сильных электрических полях. Применение простейшей модели для объяснения явления примесного пробоя в полупроводниках. Влияние Оже-рекомбинации на явление примесного пробоя. Простейшая модель фазового перехода.
- 2. Колебания в нелинейных системах. Хаотическое поведение.** Схемы процессов рекомбинации и генерации носителей в сильных электрических полях. Принципы построения кинетических уравнений процессов генерации-рекомбинации. Полный набор уравнений, описывающих процессы генерации-рекомбинации в широкозонных материалах с глубокими примесными уровнями.
- 3. Примеры явлений в полупроводниках, которые можно интерпретировать как фазовые переходы.** Примесный пробой в полупроводниках. Простейшая система локальных уровней, приводящая к фазовому переходу второго рода. Отсутствие влияния Оже рекомбинации при низких температурах, наличие захвата носителей на уровни ловушек, как фактор приводящий к отсутствию фазового перехода. Кинетическое уравнение для простейшей модели фазового перехода.
- 4. Образование структур. Динамика переключения.** Оценка величины времени переключения. Примесный пробой в широкозонных материалах, как фазовый переход второго рода. Кинетическое уравнение для широкозонного материала с учетом возбужденного состояния ловушек. Принципиальное отличие модели с учетом возбужденного состояния ловушек от простейшей модели. Необходимые условия для наступления явлений самоорганизации в широкозонных материалах. Различные виды вольт-амперных характеристик объемных широкозонных материалов. Время переключения широкозонных материалов.

5. Образовательные технологии

В преподавании дисциплины «Нелинейные явления и самоорганизация в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах» используются следующие образовательные технологии:

- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

В процессе обучения предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий: адресация аудитории вопросов и коллективный поиск ответов на них в форме дискуссий, встречи с известными специалистами и экспертами.

При проведении практических (семинарских) занятий в активной форме проводится детальный анализ физических принципов работы полупроводниковых электронных приборов в нелинейных режимах и связанных с этим нелинейных явлений и явлений самоорганизации:

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистрантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа магистрантов по дисциплине проводится в течение всего периода освоения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к практическим занятиям, в выполнении заданий преподавателя, написании реферата.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала практических занятий вдумчиво разбирать вопросы, рассмотренные на каждом занятии по непонятым деталям консультироваться у преподавателя, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к практическим занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- при подготовке реферата пользоваться рекомендованной литературой;

- задания, которые даются преподавателем во время занятий по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время экзамена.

Перечень заданий самостоятельной работы, предлагаемых магистрантам в ходе практических занятий:

- 1) Перечислить основные механизмы рекомбинации в широкозонных полупроводниках.
- 2) При каких центрах захвата примесный пробой невозможен?
- 3) Возможны ли фазовые переходы в широкозонных материалах при высоких температурах?
- 4) Простейшая модель, приводящая к фазовому переходу.
- 5) Будет ли наступать фазовый переход при преобладании кинетики Шокли – Рида?
- 6) Особенности автомодуляции в полупроводниковых лазерах.
- 7) Как оценить скорость переключения при наступлении фазового перехода?

При реализации программы дисциплины «Нелинейные явления и самоорганизация в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах» магистрантам предлагается подготовить реферат.

Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

1. Фазовые переходы в термодинамически неравновесных системах.
2. Процессы прохождения тока в широкозонных материалах в сильных электрических полях
3. Колебания в нелинейных системах.
3. Процессы рекомбинации и генерации носителей в сильных электрических полях.
4. Примесный пробой в полупроводниках.
5. Явления самоорганизации в широкозонных материалах.

Рефераты выполняются под руководством преподавателя и должны содержать элементы литературного обзора по теме, анализа в соответствии с конкретной спецификой выбранной темы. Рефераты следует выполнять в течение всего семестра с периодическим обсуждением результатов с преподавателем.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена (1-й семестр).

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

- 1.Схемы процессов рекомбинации и генерации носителей с участием зоны проводимости, валентной зоны и локализованных примесных уровней.
- 2.Принципы построения кинетических уравнений процессов генерации-рекомбинации.
- 3.Кинетика Шокли-Рида.
- 4.Полный набор уравнений, описывающих процессы генерации-рекомбинации в широкозонных материалах с глубокими примесными уровнями.
- 5.Понятие о фазовых переходах второго рода.
- 6.Примеры явлений в полупроводниках, которые можно интерпретировать как фазовые переходы.
- 7.Простейшая система локальных уровней, приводящая к фазовому переходу второго рода.
- 8.Условия локальной нейтральности в образце с глубокими примесными уровнями.
- 9.Система локальных уровней с учётом возбуждённого состояния ловушек, приводящая к фазовому переходу второго рода.
- 10.Применение простейшей модели для объяснения явления примесного пробоя в полупроводниках.
- 11.Кинетическое уравнение для простейшей модели фазового перехода.
- 12.Качественный анализ преобразованного кинетического уравнения.
- 13.Влияние Оже-рекомбинации на явление примесного пробоя.
Постоянство критического поля.
- 14.Система локальных уровней с учётом возбуждённого состояния ловушек, приводящая к фазовому переходу второго рода.
- 15.Доказательство неравновесности фазовых переходов в широкозонных материалах.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в семестре.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
1	0	0	30	20	0	10	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

1 семестр

Лекции

Не предусмотрены.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 30 баллов.

Самостоятельная работа

Выполнение заданий на самостоятельную работу – от 0 до 20 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Реферат – от 0 до 10 баллов.

Промежуточная аттестация (экзамен)

Ранжирование ответов студентов при проведении промежуточной аттестации:
ответ на «отлично» – **21-40 баллов**

ответ на «хорошо» – **11-20 баллов**

ответ на «удовлетворительно» – **6-10 баллов**

неудовлетворительный ответ. – **0-5 баллов**

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Нелинейные явления и самоорганизация в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах» при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Нелинейные явления и самоорганизация в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах» в оценку, выставляемую в экзаменационную ведомость и зачётную книжку, осуществляется в соответствии с таблицей 2:

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку.

86 - 100 баллов	«отлично»
70 - 85 баллов	«хорошо»
50 - 69 баллов	«удовлетворительно»
меньше 50 баллов	«неудовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Структура и свойства наноразмерных образований. Реалии современной нанотехнологии: учебное пособие / Н. Г. Рамбиди. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. – 375 с. (В НБ СГУ 15 экз)
2. Щука А. А. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие, 3-е изд. – М.: БИНОМ Лаборатория знаний, 2015. – 345 с. ЭБС «Лань».
3. Шалимова К. В. Физика полупроводников [Электронный ресурс] : учебник. - Москва : Лань, 2010. – 390 с. – ЭБС «ЛАНЬ»
4. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. - 390, [10] с. (в НБ СГУ 43 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Процессы самоорганизации в неупорядоченных материалах [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Т.Г. Авачёва [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2007.— 54 с. — ЭБС «IPRbooks»
2. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие / А. И. Ансельм. - 3-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с. (В НБ СГУ 41 экз)
3. Введение в теорию полупроводников [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. И. Ансельм. - 4-е изд., стер - Москва : Лань", 2016. - 618 с. **Гриф НМС МО.** - ЭБС «ЛАНЬ»
4. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с. **Гриф УМО** (В НБ СГУ 30 экз)
5. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. 9-е изд., стер. – СПб. ; М. ; Краснодар: Лань, 2009. – 478 с. **Гриф МО** (в НБ СГУ 134 экз.)
6. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. 9-е изд., стер. – М.: Лань, 2009. – 478 с. **Гриф МО.** – ЭБС «ЛАНЬ»
7. Широкозонные полупроводники: учеб. пособие для студентов вузов / Ю. Г. Шретер [и др.] ; Под общ. ред. Ильина В. И., Шика А. Я. - СПб. : Наука, 2001. - 123 с. (в НБ СГУ 12 экз.)
8. Математическое моделирование и хаотические временные ряды: монография / Б. П. Безручко, Д. А. Смирнов. – Саратов: Изд-во ГосУНЦ "Колледж", 2005. – 319 с. (в НБ СГУ 25 экз.)
9. Савельев И.В. Основы теоретической физики [Электронный ресурс] : учебник. Т.2. Квантовая механика. - Москва : Лань", 2016. - 432 с. —ЭБС «ЛАНЬ»

10. Карлов Н.В., Кириченко Н. А. Начальные главы квантовой механики. – М.: «Физматлит», 2006. – 359 с. (в НБ СГУ 5 экз), 2004 (5 экз.)
11. Синергетика в физических процессах: самоорганизация физических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие/ Е. Б. Пелюхова, Э. Е. Фрадкин. - Москва : Лань, 2011. - 320 с. —ЭБС «ЛАНЬ»
12. Вихров С.П., Бодягин Н.В., Ларина Т.Г. Неопределенность и необратимость физических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Саратов : Вузовское образование, 2005. - 74 с. - ЭБС IPRbooks.
13. Природа невоспроизводимости структуры и свойств материалов для микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Н.В. Бодягин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2005.— 70 с. — ЭБС «IPRbooks»
14. Основы нанотехнологии : учебник / Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 397 с. **Гриф УМО** (в НБ СГУ 3 экз)
15. Электронная синергетика. Физические основы самоорганизации и эволюции материи: курс лекций / В. Г. Усыченко. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. - 235с. (в НБ СГУ 12 экз)
16. Структуры и хаос в нелинейных средах / Т. С. Ахромеева [и др.]. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 484 с. (в НБ СГУ 58 экз)

в) рекомендуемая литература:

1. Хаотические колебания в СВЧ и НЧ цепях генератора на диоде Ганна / Д.А.Усанов, С.Б.Вениг, С.С.Горбатов, Э.В. Труфакин // Изв. ВУЗов Прикладная нелинейная динамика. 1999. Т.7, №4. С. 20-27.
2. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1985.
3. Шелль Р. Самоорганизация в полупроводниках. – М.: Мир, 1991.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Нелинейные явления и самоорганизация в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками и пр. (презентации, плакаты).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» и профилем подготовки «Диагностика нано- и биомедицинских систем».


Программа разработана в 2011 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 18 марта 2011 г., протокол № 12).

Автор, профессор С.С. Горбатов

Программа актуализирована в 2015 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 30 августа 2016 г., протокол № 1).

Автор, профессор  Ал.В. Скрипаль

Зав. кафедрой физики твердого тела,
профессор  Д.А. Усанов

Декан факультета нано- и биомедицинских
технологий, профессор
 С.Б. Вениг