

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 16.06.01 Физико-технические науки и технологии

Направленность (специальность) 01.04.10 Физика полупроводников

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Особенности технологии наноструктурированных полупроводников»

Индекс дисциплины по учебному плану Б1.В.ДВ.4.1

Всего: 108 часов

Семестр 7, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часа – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 16.06.01 Физико-технологические науки и технологии, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 882, и паспорта специальности 01.04.10 Физика полупроводников, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является формирование углубленного профессионального образования по технологии электронной компонентной базы для последующего применения полученных знаний при совершенствовании полупроводниковых приборов на основе наноструктур.

Задачи дисциплины являются

- освоение технологических процессов при создании электронной компонентной базы;
- освоение методов исследования и моделирования технологии изготовления структуры и свойств различных классов наноструктурированных полупроводников, а также методов управления свойствами этих материалов.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- 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);
- способность самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств (ОПК-3);

- способность анализировать состояние научной проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников (ПК-2);
- способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики полупроводников и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (ПК-3).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- терминологию современной технологии наноструктурированных полупроводников с использованием изучения и анализа литературных и патентных источников (ПК-2);

уметь:

- критически анализировать и оценивать современные научные достижения в области технологии наноструктурированных полупроводников (УК-1);
- рассчитывать параметры и характеристики наноструктурированных полупроводников с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств (ОПК-3);
- анализировать состояние научной проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников (ПК-2);
- применять методы расчета и моделирования наноструктурированных полупроводников (ПК-3);
- собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию новейшего отечественного и зарубежного

опыта по наноструктурированным полупроводникам с помощью современной аппаратуры и информационных технологий (ПК-3);

владеть:

- приемами и методами оценки параметров и характеристик наноструктурированных полупроводников с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств (ОПК-3);
- навыками работы с информационными базами данных и поиска информации о свойствах наноструктурированных полупроводников (ПК-2).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. __Предельные возможности получения сверхбольших интегральных схем на кремнии

Экономические аспекты технологии ИС и совершенствование фотолитографии для получения приборов с размерами 0,1-0,25 мкм. Маски с фазовым сдвигом. Использование внеосевого освещения при масках с фазовым сдвигом. Нанолитография.

Принципы работы сканирующего туннельного микроскопа и сканирующего атомно-силового микроскопа. Использование туннельного микроскопа для получения структур с нанометровыми размерами.

2. Нанолитография

Оптимизация выбора и предельные возможности электронной, рентгеновской литографии, литографии с использованием ионного пучка. Принципы работы сканирующего туннельного микроскопа и сканирующего атомно - силового микроскопа. Использование туннельного микроскопа для получения структур с нанометровыми размерами. Резисты для нанолитографии.

Ионно-лучевое легирование. Принципы работы. Фокусированное ионно-лучевое травление резистов. Получение субмикронных размеров.

3. Технология получения квантово-размерных структур (КРС)

Выбор материалов для создания квантово-размерных структур (КРС). Технологические методы создания КРС. Молекулярно-лучевая эпитаксия.

Парофазная эпитаксия из металлоорганических соединений (МОС ПФЭ).
Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений. Принц-технология.

Гибридные методы. Технология получения квантовых ям и квантовых сверхрешеток. Методы получения квантовых проволок и квантовых боксов. Самоорганизация квантовых точек и нитей.

4. Современная микроскопия

Хронология развития микроскопии.

Электронная микроскопия.

Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия.

Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия. Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля.

Методы определения элементного состава. Оже-электронная спектроскопия. Рентгеновская и ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия.

5. Молекулярная электроника

Электропроводность и передача информации в молекулах. Молекулярные кристаллы и полимеры. Молекулярные проволоки.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 5 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. Экономические аспекты технологии интегральных схем (ИС).
2. Маски с фазовым сдвигом. Использование внеосевого освещения при масках с фазовым сдвигом.
3. Электронная микроскопия. Принцип действия. Физические ограничения.
4. Просвечивающая электронная микроскопия. История создания. Принцип действия. Физические ограничения. Требования к образцам.

5. Растровая электронная микроскопия. История создания. Принцип действия. Возможности метода. Достоинства и недостатки.

6. Сканирующая туннельная микроскопия. История создания. Принцип действия. Физические ограничения.

7. Типы применяемых зондов. Процесс туннелирования. Туннельный ток.

8. Методы исследования поверхности.

9. Модификация поверхности с помощью СТМ.

10. Сканирующая атомно-силовая микроскопия. История создания. Принцип действия. Физические ограничения.

11. Типы применяемых зондов. Режимы исследования образцов.

12. Методы визуализации изображения.

13. Достоинства и недостатки АСМ.

14. Принцип действия оптического микроскопа ближнего поля (SNOM).

15. Методы определения элементного состава. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФС). Открытие и сущность метода. Ограничения метода.

16. Методы определения элементного состава. Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФЭС). Сущность и ограничения метода.

17. Методы определения элементного состава. Электронная Оже-спектроскопия (ЭОС). Открытие и сущность метода. Ограничения метода. Представление и анализ спектров.

18. Методы определения элементного состава. Вторично-ионная масс-спектрометрия (ВИМС).

19. Электропроводность и передача информации в молекулах.

20. Молекулярные кристаллы и полимеры.

21. Молекулярные проволоки.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. СПб.: Издательство «Лань», 2008. ISBN: 978-5-8114-0766-8.
2. Щука, А. А. Электроника : учебное пособие для вузов по направлению 654100 "Электроника и микроэлектроника" /А. А. Щука ; Ред. А. С. Сигов . – СПб. : БХВ-Петербург, 2006 . – 800 с. – (Учебное пособие) . - ISBN 5-941574-61-4
3. Дубровский В.Г. Теоретические основы технологии полупроводниковых наноструктур. Электронный учебник Санкт – Петербург 2006 <http://window.edu.ru/resource/346/63346/files/Posobie.pdf> в свободном доступе.
4. Суздаев И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига, – 2006. 592 с http://www.vixri.com/d/Suzdalev%20I.P.%20_NANOTEKNOLOGIJa.pdf в свободном доступе.
5. Нанотехнологии в электронике / Н. И. Боргардт, и др. ; Ред. Ю. А. Чаплыгин . – М. : Техносфера, 2005 . – 448 с. - ISBN 5-948360-59-8 .
6. Рамбиди Н. Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры. – М.: Физматлит, 2009.-256 с. ISBN 978-5-9221-0988-8
7. Гересименко, Н. Н. Кремний – материал нанoeлектроники / Н.Н. Гересименко, Ю.Н. Пархоменко. – М. : Техносфера, 2007. – 352 с. ISBN: 978-5-948361-01-7
8. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы/ Под ред. Ю.Д. Третьякова. М: Физматлит, 2010. 456 с. ISBN 978-5-9221-1120-1.
9. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию М.: Бином, 2007. 136 с. ISBN 5-947742-18-7
10. Рыжонков Д.И. Наноматериалы [Электронный ресурс]: учебное

пособие/ Рыжонков Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 365 с.— ISBN 978-5-9963-0345-8

11. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособ. 2-е изд. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. ISBN 978-5- 947747-27-0.

Дополнительная литература:

12. Королёв М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем [Электронный ресурс]: в 2 ч. Ч. 1 / М.А. Королёв, Т.Ю. Крупкина, М.А. Ревелева; под общей ред. чл.-корр. РАН проф. Ю. А. Чаплыгина. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 397 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=476068> электронно-библиотечная система.

13. Королёв М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем [Электронный ресурс]: в 2ч. Ч.2 / М.А. Королёв, Т.Ю. Крупкина, М. Г. Путря, В. И. Шевяков; под общей ред. чл.-корр. РАН проф. Ю.А. Чаплыгина. – 2-е изд. (эл.) – М. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 422 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=366622> электронно-библиотечная система.

14. Лозовский В.Н. Нанотехнологии в электронике Введение в специальность: учебное пособие для вузов. Серия: Учебники для вузов. Специальная литература. Лань, 2008 г. ISBN 978-5-8114-0827-6.

15. Альтман, Ю. пособие для вузов Серия: Мир материалов и технологий Техносфера, 424 с. 2008 г. ISBN 978-5-94836-175-8

16. Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике. – М.: Техносфера, 2005. – 176 с. ISBN 5-948360-54-7

16. Окрепилов, В.В. Словарь терминов и определений по стандартизации и метрологии в области нанотехнологий / В.В. Окрепилов. – СПб. : Наука, 2008. – 210 с. ISBN 978-5-02-025338-4.

17. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособ.

2-е изд. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. ISBN 978-5-9963- 0346-5.

18. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий : в 2 т : учебное пособие для вузов / Общ. ред. Ю. Н. Коркишко . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 . – (Нанотехнологии) . - ISBN 978-5-9963-0341-0 .

19. Пул Ч. Нанотехнологии./Ч. Пул, Ф. Оуэнс/Пер. с англ. Ю.И. Головин, Дополн. В.В. Лучинин. 2-е изд., испр. и доп.-М.:Техносфера, 2010.- 336 с. ISBN 978-5-94836-239-7.