

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

_____ А.П. Кузнецов

« » _____ 2010 г.

ПРОГРАММА

**вступительного экзамена в аспирантуру по специальности 05. 16. 08
“Нанотехнологии и наноматериалы в электронике”**

Минск 2010

Программа составлена на основании типовых учебных планов по специальностям 1-41 01 02 "Микро- и нанoeлектронные технологии и системы", 1-41 01 03 "Квантовые информационные системы", 1-41 01 04 "Нанотехнологии и наноматериалы в электронике".

СОСТАВИТЕЛИ:

Борисенко В. Е. д.ф.-м.н, профессор, зав. кафедрой; Абрамов И.И., д.ф.м.н., профессор, профессор; Нелаев В. В., д.ф.-м.н., профессор, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ

Кафедрой микро- и нанoeлектроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (протокол № 8 от « 26 » апреля 2010г.)

Зав. кафедрой МНЭ _____ В. Е. Борисенко

1. Цели и задачи программы:

Целью изучения материалов, предусмотренных программой, является формирование у магистрантов углубленных теоретических знаний, необходимых для эффективной самостоятельной научно-исследовательской и (или) научно-педагогической работы по специальности 1-41 80 03 "Нанотехнологии и наноматериалы в электронике". Задачи, обеспечивающие достижение этой цели, включают изучение следующих основных разделов, включенных в программу:

- физика низкоразмерных систем
- физико-химические основы нанотехнологий
- нанотехнологии в электронике
- наноматериалы в электронике.

В основу программы положены следующие дисциплины: "Физика низкоразмерных систем", "Физическая химия", "Физика твердого тела", "Наноэлектроника", "Нанотехнологии и наноматериалы в электронике".

2. Требования к знаниям, умениям и навыкам экзаменуемого

Экзаменуемый должен знать:

- физические закономерности, определяющие свойства и поведение низкоразмерных систем
- физико-химические основы нанотехнологий
- основные нанотехнологические процессы для электроники
- основные наноматериалы для электроники
- особенности использования нанотехнологий и наноматериалов в производстве изделий электронной техники;

должен уметь:

- определять физические и химические характеристики структур и материалов, используемых при изготовлении изделий электронной техники, и их технологичность
- рассчитывать основные характеристики нанотехнологических процессов и наноматериалов
- проектировать процессы изготовления изделий электронной техники с использованием нанотехнологий и наноматериалов.

3. Содержание программы

Физика низкоразмерных систем

Фундаментальные электронные явления в низкоразмерных структурах: квантовое ограничение (классификация низкоразмерных структур по критерию проявления квантового ограничения в них на квантовые точки, квантовые шнуры и квантовые пленки), баллистический транспорт носителей заряда, туннелирование, спиновые эффекты. Методы моделирования электронных свойств низкоразмерных структур.

Энергетический спектр электронов на поверхности твердого тела. Состояния в области пространственного заряда. Концентрация носителей заряда и изгиб зон. Захват и рекомбинации носителей заряда с участием поверхностных электронных состояний.

Особенности переноса носителей заряда через низкоразмерные структуры: баллистический транспорт и интерференционные эффекты, квантование проводимости низкоразмерных проводников, квантовый эффект Холла (интегральный и дробный), одноэлектронное и резонансное туннелирование, спин-зависимый транспорт носителей заряда.

Оптические свойства низкоразмерных структур. Рекомбинация носителей заряда и люминесценция в низкоразмерных структурах.

Основная литература

1. Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Уткина Е. А. Нанoeлектроника. – М.: Бинoм, 2009. – 223 с.
2. Borisenko V. E., Ossicini S. What is What in the Nanoworld. – Weinheim: Wiley-VCH, 2008. – 522 p.
3. Щука А. А. Нанoeлектроника. – М.: Физматкнига, 2007.
4. Davies J. H. The Physics of Low-Dimensional Semiconductors: An Introduction. – Cambridge: Cambridge University Press, 1998. – 422 p.
5. Gaponenko S. V. Introduction to Nanophotonics. – Cambridge: Cambridge University Press, 2010. – 484 p.

Дополнительная литература

1. E. L. Wolf. Quantum Nanoelectronics. – Weinheim: Wiley-VCH, 2009. – 456 p.
2. Bandyopadhyay S., Sahay M. Introduction to Spintronics. – Broken Sound Parkway: CRC, 2008.
3. Грибковский В. П. Теория поглощения и испускания света в полупроводниках. – Мн.: Наука и техника, 1997.
4. Ferry D. K., Goodnick S. M. Transport in Nanostructures. – Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
5. Хакен Х. Квантовополевая теория твердого тела. – М.: Наука, 1980. – 240 с.

Физико-химические основы нанотехнологий

Термодинамические системы, параметры, процессы. Характеристические термодинамические функции: энтальпия, энтропия, свободная энергия Гельмгольца и Гиббса. Критерии направленности процессов в закрытых и открытых термодинамических системах. Химический потенциал. Фундаментальные уравнения состояния.

Кинетика и термодинамика электрохимических процессов. Явления поляризации и деполяризации. Поляризация и перенапряжение при электролизе.

Кинетика и термодинамика коррозионных процессов. Фазовые переходы и равновесия. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса, закон Нернста–Шилова, правило фаз Гиббса. Р-Т диаграммы состояния однокомпонентных систем. Т-х диаграммы состояния бинарных систем с образованием конгруэнтно- и инконгруэнтно плавящихся соединений, твердых растворов замещения неограниченной и ограниченной растворимости.

Самоорганизация в объемных материалах. Осаждение пленок Лэнгмюра - Блоджет. Донорные и акцепторные примеси. Рекомбинационные уровни; демаркационные уровни в защищенной зоне. Концентрации электронов и дырок; их температурные зависимости в случаях собственной и примесной электропроводности. Уравнение непрерывности. Диффузионный и дрейфовые токи в полупроводниках. Соотношение Эйнштейна. Диффузионная длина носителей заряда. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Влияние сильных электрических полей на подвижность носителей заряда. Электронная и ионная проводимости диэлектриков. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Тангенс угла диэлектрических потерь. Внешняя и внутренняя работа выхода. Изотипные и анизотипные контакты; гетеропереходы.

Основная литература

1. Эткинс П., де Паула Дж. Физическая химия. В 3-х частях. – М.: Мир, 2007. – 496 с.
2. Стромберг А. Г., Семченко Д. П. Физическая химия / Под ред. А. Г. Стромберга. – М.: Высшая школа, 2009. – 527 с.
3. Шалимова К.В. Физика полупроводников. – М.: Высшая школа, 1986.

Дополнительная литература

1. Поклонский Н.А., Вырко С.А., Поденок С.Л. Статистическая физика полупроводников. Курс лекций. М., КомКнига, 2005.
2. Еремин В. В., Каргов С. И., Успенская И. А., Кузьменко Н. Е., Лунин В. В. Основы физической химии. Теория и задачи. –М.: Высшая школа, 2005. – 480 с.
3. Физическая химия. В 2 кн. / Под ред. К. С. Краснова. – М.: Высшая школа, 2001. – 519 с.

Нанотехнологии в электронике

Формирование пленок нанометровой толщины, гетероструктур и наноструктурированных покрытий. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Химическое осаждение из газовой фазы. Вакуумные, ионные и ионно-плазменные методы осаждения. Химическое и электрохимическое осаждение в жидких средах.

Формирование наноструктур с использованием сканирующих зондов. Физические основы и особенности использования сканирующих туннельных и атомно-силовых зондовых устройств для формирования наноструктур. Атомная инженерия. Локальное окисление полупроводников и металлов. Локальное химическое и электрохимическое осаждение материалов из газовой и жидкой фаз.

Нанолитография. Литография с использованием высокоэнергетичных фотонов, остросфокусированных потоков электронов и ионов. Зондовая нанолитография. Нанопечать.

Саморегулирующиеся процессы. Атомарная и молекулярная самосборка. Формирование пленок Лэнгмюра-Блоджетт. Самоорганизация в объеме и на поверхности твердых тел. Золь-гель технология.

Примеры использования нанотехнологий в производстве изделий электронной техники.

Основная литература

1. Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Уткина Е. А. Наноэлектроника. – М.: Бином, 2009. – 223 с.
2. Гаврилов С. А., Белов А. Н. Электрохимические процессы в технологии микро- и наноэлектроники. – М.: Высшее образование, 2009.
3. Анищик В. М., Борисенко В. Е., Жданок С. А., Толочко Н. К., Федосюк В. М. Наноматериалы и нанотехнологии. – Минск: Издательский центр БГУ, 2008. – 375 с.
4. Неволин В. Зондовые нанотехнологии в электронике. – М.: Техносфера, 2005.
5. Нанотехнологии в электронике / Под ред. Ю.А. Чаплыгина.— М.: Техносфера, 2005. – 448 с.

Дополнительная литература

1. Старостин В. В. Материалы и методы нанотехнологии. – М.: Бином, 2008. – 432 с.
2. Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л. Наноматериалы. – М.: Бином, 2008. – 365 с.
3. Handbook of Nanotechnology / Edited by V. Bhushan. – Berlin Heidelberg: Springer, 2007.
4. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры / Под ред. Л. Ченга, К. Плога. – М.: Мир, 1989. – 584 с.

Наноматериалы в электронике

Формирование и свойства материалов с естественным наноструктурированием. Углеродсодержащие наноструктуры – фуллерены, углеродные нанотрубки, алмазоподобные структуры и их производные. Нанопористые сверхпроводники, проводники, полупроводники и диэлектрики.

Молекулярные наноструктуры. Органические молекулы. Супермолекулы. Биомолекулы: нуклеиновые кислоты, белки, ферменты, биомолекулярные комплексы. Мицеллы и липосомы.

Методы исследования наноструктур и наноматериалов: просвечивающая электронная микроскопия, автоэлектронная и автоионная микроскопия, зондовая микроскопия, дифракционный анализ, спектральный анализ.

Контроль параметров наноструктур и наноматериалов. Примеры использования наноматериалов в изделиях электронной техники.

Основная литература

1. Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Уткина Е. А. Нанoeлектроника. – М.: Бином, 2009. – 223 с.
2. Анищик В. М., Борисенко В. Е., Жданок С. А., Толочко Н. К., Федосюк В. М. Наноматериалы и нанотехнологии. – Минск: Издательский центр БГУ, 2008. – 375 с.
3. Nanoelectronics and Information Technology / Edited by R. Waser. – New York: Wiley, 2005. – 995 p.

Дополнительная литература

1. Старостин В. В. Материалы и методы нанотехнологии. – М.: Бином, 2008. – 432 с.
2. Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л. Наноматериалы. – М.: Бином, 2008. – 365 с.
3. Handbook of Nanotechnology / Edited by V. Bhushan. – Berlin Heidelberg: Springer, 2007.