

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор

« » 2018 г.



ПРОГРАММА

вступительного экзамена в магистратуру
по специальности 1-41 80 01
«Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты,
микро- и нанoeлектроника и приборы на квантовых эффектах»

Минск, 2018

Программа составлена на основании учебных программ дисциплин «Полупроводниковые приборы и элементы интегральных микросхем»; «Физика твердого тела» («Физика конденсированного состояния»); «Наноэлектроника».

СОСТАВИТЕЛИ:

Борисенко В.Е. д-р физ.-мат.наук, профессор, зав. кафедрой МНЭ; Колосницын Б.С., канд. техн. наук, профессор, профессор каф. МНЭ; Петрович В.А. канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент каф. МНЭ; Мигас Д.Б., д-р физ.-мат.наук, доцент, профессор каф. МНЭ.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ

Кафедрой микро- и наноэлектроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (протокол № 7 от 12 марта 2018 г.)

Заведующий кафедрой МНЭ



В. Е. Борисенко

Цель вступительного экзамена в магистратуру

Вступительный экзамен в магистратуру по специальности 1-41 80 01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника и приборы на квантовых эффектах» проводится с целью определения теоретической и практической готовности соискателя к поступлению в магистратуру в соответствии с образовательными программами высшего образования.

Список дисциплин, вынесенных на вступительный экзамен:
Физика твердого тела (Физика конденсированного состояния).
Полупроводниковые приборы и элементы интегральных микросхем
Нанoeлектроника

Список вопросов по каждой дисциплине:

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА (ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ)

Тема 1. Природа химической связи в твердых телах

Симметрия и структура кристаллов. Идеальные и реальные кристаллы. Дефекты в кристаллах. Электрофизические характеристики основных полупроводниковых материалов микроэлектроники: Si, GaAs, Ge.

Тема 2. Зонная теория твердого тела

Энергетические спектры электронов в металлах, полупроводниках, диэлектриках. Эффективная масса электрона. Собственные и примесные полупроводники. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках.

Тема 3. Рекомбинация и генерация неосновных носителей заряда

Рекомбинация «зона-зона» и рекомбинация через примеси и дефекты (рекомбинация Холла-Шокли-Рида). Диффузионная длина пробега и время жизни носителей заряда. Поверхностная рекомбинация. Типы генерации подвижных носителей заряда.

Тема 4. Электропроводность полупроводников

Носители заряда в электрическом поле. Взаимодействие свободных носителей заряда с фононами, примесными атомами, дефектами. Подвижность электронов и дырок. Диффузия и дрейф свободных носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Уравнение непрерывности. Лавинное умножение свободных носителей заряда в полупроводниках. Электрические домены и токовые шнуры. Эффект Холла.

Тема 5. Оптические свойства полупроводников

Поглощение света в полупроводниках. Испускание света полупроводниками.

Тема 6. Термоэлектрические явления в полупроводниках
Термомагнитные эффекты. Гальваномагнитные эффекты.

Литература по дисциплине «Физика твердого тела» («Физика конденсированного состояния»)

Основная

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников. – М.: Высшая школа, 1986.
2. Аваев Н.А. Основы микроэлектроники. – М.: Сов. Радио, 1991.
3. Поклонский Н.А., Вырко С.А., Поденок С.Л. Статистическая физика полупроводников. Курс лекций. М., КомКнига, 2005, - 258 с.
4. Современная физика: конденсированное состояние. В.К.Воронов, А.В.Подоплелов, Москва, URSS, 2008, - 336 с.

Дополнительная

1. Павлов В.П., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. – М.: Высшая школа, 1985. – 384 с.; Нижний Новгород, НГУ им.Н.И. Лобачевского, 1993.-490с.
2. Актуальные проблемы физики твердого тела. Сборник статей, Мн. «Беларуская навука» - 2003.
3. Волчѣк С.А., Петрович В.А. Оптические свойства твердых тел. Лабораторный практикум по курсу «Физика твердого тела», Минск: БГУИР, 2006.
4. Физика поверхности. В.И.Ролдугин, Интеллект, Москва, 2011, - 565 с.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ И ЭЛЕМЕНТЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ
МИКРОСХЕМ

Тема 1. Полупроводниковые диоды

Основные параметры и характеристики диодов, их зависимость от температуры и режима измерения. Эквивалентные схемы диодов. Импульсные и частотные свойства диодов. Физико-топологические модели диодов. Туннельные и обращенные диоды. Лавинно-пролетные диоды. Диоды Шоттки.

Тема 2. Биполярные транзисторы

Структура и принцип действия биполярных транзисторов. Распределение потока носителей заряда в активном нормальном режиме работы биполярного транзистора. Эффект Эрли и его следствия. Основные параметры и характеристики биполярных транзисторов, их зависимость от температуры и режима измерения. Эквивалентные схемы и математические модели биполярного транзистора: Эберса Мола, Линвилла, зарядовая. Импульсные и частотные свойства биполярных транзисторов. Работа биполярного транзистора при высоком уровне инжекции. Виды пробоя биполярного транзистора. Мощные биполярные транзисторы. СВЧ биполярные транзисторы.

Тема 3. Тиристоры

Двух- и трехэлектродные тиристоры, принцип их действия и классификация. Основные параметры и характеристики тиристоров.

Тема 4. Канальные транзисторы: полевые транзисторы с управляющим *p-n*-переходом и затвором Шоттки

Принцип действия канальных транзисторов. Модуляция глубины канала. Основные электрические параметры и характеристики канальных транзисторов. Эквивалентные схемы канальных транзисторов. Частотные и импульсные свойства канальных транзисторов.

Тема 5. МОП-транзисторы

Идеальная и реальная МОП-структуры. Величина порогового напряжения и пути ее регулирования. Параметры МОП-транзисторов. Физическая эквивалентная схема и частотные свойства МОП-транзисторов. Эффекты, связанные с малыми размерами МОП-транзистора. Мощные СВЧ МОП-транзисторы. Транзисторы со встроенным каналом. МНОП-структуры. Физико-топологические модели МОП-транзисторов.

Тема 6. Интегральные микросхемы

Классификация интегральных микросхем по конструктивно-технологическому и функциональному признакам. Цифровые и аналоговые микросхемы. Полупроводниковые запоминающие устройства и микропроцессоры.

Тема 7. Датчики

Термоэлектрические преобразователи внешнего воздействия. Гальваномагнитные преобразователи внешнего воздействия. Микро- и наноэлектромеханические датчики.

Литература по дисциплине «Полупроводниковые приборы и элементы интегральных микросхем»

Основная

1. Алексеенко А.Т. Основы микросхемотехники.-М.: Лаборатория базовых знаний, 2004
2. Колосницын Б.С. Элементы интегральных схем. Физические основы. – Мн.: БГУИР, 2001. – 138 с.
3. Колосницын Б.С. Мощные и СВЧ полупроводниковые приборы – Мн: БГУИР, 2008. -150 с.
4. Абрамов И.И. Лекции по моделированию интегральных схем. Москва – Ижевск: НИЦ РХД, 2005. – 152 с.
5. Шур М. Современные приборы на основе арсенида галлия: пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 632 с.

Дополнительная

1. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. –М.: Лаборатория базовых знаний, 2004.

2. Россато Л. Физическая электроника и микроэлектроника. – М.: Высшая школа, 1991.

3. Абрамов И.И. Моделирование физических процессов в элементах кремниевых интегральных микросхем. – Мн.: БГУ, 1999. – 189 с.

4. Колосницын Б.С. Электронные приборы на основе полупроводниковых соединений. – Мн.: БГУИР, 2006 г. – 102 с.

НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Тема 1. Физические основы нанoeлектроники

Квантовое ограничение и основные типы низкоразмерных структур – квантовые точки, шнуры, пленки. Туннелирование носителей заряда. Баллистический транспорт носителей заряда. Спиновые эффекты.

Элементы низкоразмерных структур – свободная поверхность и границы раздела. Сверхрешетки. Периодические квантовые колодцы. Дельта-легированные структуры. Модуляционно-легированные структуры.

Тема 2. Технологические методы формирования наноразмерных структур

Химическое осаждение из газовой фазы с использованием металлоорганических соединений. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Электронно-лучевая литография. Атомная инженерия с использованием сканирующего туннельного и атомного силового микроскопов. Методы зондовой инженерии. Нанолитографические методы. Наноструктурированные материалы – пористый кремний, пористые оксиды металлов, углеродные наноструктуры.

Тема 3. Особенности переноса носителей заряда в наноразмерных структурах и электронные приборы на их основе

Баллистический и квазibalлистический транспорт носителей заряда. Электрическое сопротивление наноразмерного многополюсника. Квантовый эффект Холла: целочисленный и дробный. Интерференционные транзисторы. Баллистические выпрямители и транзисторы.

Одноэлектронное туннелирование в условиях кулоновской блокады, явления в однобарьерной и двухбарьерной структурах. Электронные приборы на одноэлектронном туннелировании. Резонансное туннелирование. Диоды и транзисторы на эффекте резонансного туннелирования.

Физические основы спинтроники. Эффект гигантского магнитосопротивления. Спин-контролируемое туннелирование носителей заряда. Приборы спинтроники.

Литература по дисциплине «Нанoeлектроника»

Основная

1. Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Данилюк А. Л. Уткина Е.А. Нанoeлектроника. Теория и практика – М., Бином, 2013, 366 с.
2. Borisenko V.E., Ossicini S. What is What in the Nanoworld.- Wiley-VCH, Weinheim, 2012.-601 с.
3. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки. – М.: Мир, 1989. – 240 с.
4. Davies J.H. The Physics of Low-Dimensional Semiconductors: An Introduction. Cambridge University Press, Cambridge, 1998.

Дополнительная

1. Хакен Х. Квантовополевая теория твердого тела. – М.: Наука, 1980.-240 с.
2. Абрамов И.И., Новик Е.Г. Численное моделирование металлических одноэлектронных транзисторов. – Мн.: Бестпринт, 2000. – 164 с.
3. Ferry D.K., Goodnick S.M. Transport in Nanostructures.-Cambridge University Press. – Cambridge, 1997.
4. Валиев К.А., Кокина А.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальности. – Ижевск: НИЦ РХД, 2001. – 352 с.