



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
(СГУ)**

Программа
вступительного испытания в магистратуру на направление
подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»
(«Полупроводниковая электроника и молекулярные нанотехнологии»,
«Диагностика нано- и биомедицинских систем»)

Саратов – 2022

Пояснительная записка

Вступительное испытание направлено на выявление степени готовности абитуриентов к освоению магистерских программ «Полупроводниковая электроника и молекулярные нанотехнологии», «Диагностика нано- и биомедицинских систем» направления подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», реализуемой в институте физики. В ходе вступительного испытания оцениваются обобщенные знания и умения по дисциплинам указанного направления; выявляется степень сформированности компетенций, значимых для успешного освоения соответствующих магистерских программ.

Вступительное испытание проводится в форме устного междисциплинарного экзамена по дисциплинам направления «Электроника и наноэлектроника».

Содержание программы

Раздел 1. Кристаллография и кристаллофизика.

1. **Элементы симметрии** кристаллических многогранников. Точечные группы симметрии. Символы узлов (точек), рядов (направлений) и граней (плоскостей) в кристаллическом многограннике. Индексы Миллера для плоскости.

2. Структура кристаллов и кристаллическая решетка. Типы ячеек Бравэ. Элементы симметрии кристаллических структур. Пространственные группы симметрии. Обратная решетка, её значение для кристаллографии и физики твердого тела.

3. **Физические свойства кристаллов и их симметрия.** Основной закон кристаллофизики (принцип Неймана). Принцип суперпозиции симметрий (принцип Кюри). Прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты в кристаллах. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффекты в кристаллах, их использование. Линейный и квадратичный электрооптические эффекты, их использование.

4. **Дифракция рентгеновских лучей в кристалле.** Уравнение Вульфа - Брегга. Условия Лауэ для дифракции. Основные методы рентгеноструктурного анализа структуры кристаллов.

Раздел 2. Физика конденсированного состояния: Электронные свойства кристаллов. Физика полупроводников. Квантовая теория твёрдого тела. Физика квантово-размерных структур.

5. **Основы квантовой теории твердого тела.** Постановка задачи. Адиабатическое приближение. Сведение задачи к одноэлектронной (метод Хартри-Фока). Волновая функция (функция Блоха) для электрона в кристалле. Решение задачи о спектре энергии электрона в кристалле. Уравнение Кронига-Пенни. Понятие о зонах Бриллюэна. Понятие эффективной массы носителей.

6. **Статистика электронов и дырок в полупроводниках.** Распределение Ферми. Уровни Ферми. Фазовый объем. Число состояний. Равновесная концентрация носителей в невырожденном полупроводнике.

Уровень Ферми для невырожденного случая. Температурная зависимость положения уровня Ферми в собственном и примесных полупроводниках.

7. Колебания кристаллической решетки. Колебания одноатомной линейной цепочки. Закон дисперсии. Колебания двухатомной линейной цепочки. Акустические и оптические колебания. Понятие о фононах. Статистика фононов.

8. Кинетическое уравнение Больцмана и рассеяние электронов. Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Время релаксации.

9. Электропроводность полупроводников. Дрейфовая подвижность и ее температурная зависимость при различных механизмах рассеяния. Температурная зависимость электропроводности. Электропроводность в сильных полях. Зависимость подвижности от поля. Механизмы увеличения концентрации носителей в сильных полях.

10. Гальваномагнитные и термомагнитные явления в полупроводниках. Эффект Холла. Температурная зависимость коэффициента Холла. Изменение сопротивления в магнитном поле.

11. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей тока в полупроводниках. Способы генерации неравновесных носителей. Квазиуровни Ферми. Рекомбинация неравновесных носителей. Время жизни. Уравнение непрерывности.

12. Оптические свойства полупроводников. Спектры отражения и поглощения. Собственное поглощение. Прямые и непрямые переходы. Зависимость коэффициента поглощения от энергии фотонов вблизи края собственного поглощения. Экситоны и экситонное поглощение. Примесное поглощение. Поглощение свободными носителями заряда.

13. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Фотопроводимость при линейной рекомбинации. Диффузия и дрейф неравновесных носителей. Длина диффузии. Соотношение Эйнштейна. Фото ЭДС. Эффект Дэмбера.

14. Контактные явления в полупроводниках. Контакт металла с полупроводником. Энергетическая диаграмма контакта. Распределение потенциала. Условие образования запирающих и антизапирающих слоев на контактах. P—n-переход в полупроводниках. Теория выпрямления.

15. Квантовые состояния в системах пониженной размерности. Распределение плотности состояний в двумерных системах (квантовых ямах). Положение уровня Ферми в двумерных системах. Распределение плотности состояний в одномерных системах (квантовых проволоках). Распределение плотности состояний в нульмерных системах (квантовых точках). Энергетический спектр мелких примесных состояний в системах пониженной размерности. Энергетический спектр экситонов Ванье-Мотта в квантово-размерных полупроводниковых кристаллах.

Раздел 3. Физические основы твердотельной электроники. Твердотельная электроника.

16. Варикап. Принцип действия варикапа. Основные параметры и характеристики. Параметрическое усиление сигнала.

17. Стабилитрон. Пробой р-п-перехода. Основные параметры и характеристики стабилитронов. Примеры применения.

18. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы. Воздействие света на р-п-переход. Фотодиоды, полупроводниковые светодиоды и лазеры.

19. Туннельный диод. Принцип действия туннельного диода. Примеры применения.

20. Лавинно-пролетный диод (ЛПД). Принцип работы ЛПД в IMPATT и TRAPATT режимах.

21. Диод Ганна. Эффект Ганна. Модель Ридли-Уоткинса-Хилсума. Режимы работы генераторов Ганна.

22. Биполярные транзисторы (БТ). Структура и основные режимы работы. Энергетическая зонная диаграмма. Дрейфовый транзистор. Статические характеристики БТ. Физика работы транзистора на малом переменном сигнале. Эквивалентная схема БТ.

23. Динисторы и тиристоры. Структура и принцип действия динистора. Параметры и ВАХ

динистора. Принцип действия тиристора. Характеристики и параметры. Условия переключения. Применение.

24. Полевые транзисторы (ПТ). ПТ с управляющим р-п-переходом, барьером Шоттки, изолированным затвором. Принцип действия. Статические характеристики ПТ. Эквивалентная схема ПТ. Полевые транзисторы со структурой металл-диэлектрик-полупроводник в качестве затвора (МДП транзисторы).

Раздел 4. Материалы электронной техники.

25. Пассивные диэлектрики. Поляризация диэлектриков в постоянном и переменном электрическом поле. Тангенс угла диэлектрических потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Диаграмма Коула-Коула.

26. Активные диэлектрики. Сегнетоэлектричество. Феноменологическая теория сегнето-электричества. Фазовые переходы первого и второго рода. Температурные зависимости внутренней деформации, теплоемкости и диэлектрической восприимчивости кристалла вблизи точки фазового перехода. Микроскопическая теория сегнетоэлектричества (динамика кристаллической решетки). Жидкие кристаллы. Типы жидких кристаллов. Термохромный эффект. Электрооптические эффекты. Полевой "твист"- эффект.

27. Магнитные свойства твердых тел. Диамагнетика, парамагнетика, ферромагнетика, антиферромагнетика, ферримагнетика. Ферромагнитное состояние. Особенности ферримагнетиков. Природа магнитного упорядочения. Спиновые волны. Электронный парамагнитный резонанс.

Раздел 5. Квантовая и оптическая электроника.

28. Поглощение света в полупроводниках, основные механизмы поглощения.

29. Виды генерации света в твердых телах. Спонтанное излучение. Фото -, электро- и катодолюминесценция. Инжекционная люминесценция. Полупроводниковые светодиоды.

30. Стимулированное излучение в полупроводниках. Системы с инверсной населенностью. Полупроводниковые лазеры.

Раздел 6. Методы исследования материалов и структур электроники и наноэлектроники.

31. Основные методы определения параметров зонной структуры в полупроводниковых материалах.

32. Дисперсия проводящей среды и бесконтактные методы определения свойств полупроводниковых материалов и структур.

33. Дисперсия проводящей среды в магнитном поле и методы определения свойств материалов и структур на основе циклотронного и магнитоплазменного резонансов и эффекта Фарадея.

34. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия.
Принципы, возможности, ограничения

Раздел 7. Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники.

35. Термодинамика поверхности, процессы на поверхности и в приповерхностных слоях; адсорбция и десорбция; поверхностная энергия и ее анизотропия. Адсорбция на границе жидкий раствор-газ. Поверхностно-активные вещества. Адсорбция на границе твердое тело - жидкий раствор. Адгезия и смачивание. Свойства наноструктурированных поверхностей

Раздел 8. Физические основы технологии материалов и структур электроники.

36. Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах, массо- и теплопередача в неподвижной среде, конвективный массо- и теплообмен; явления на границе раздела фаз.

37. Процессы разделения и очистки веществ (сорбционные, жидкостной экстракции, кристаллизационные, перегонки через газовую фазу). Методы удаления вещества с поверхности

(механические, химические, электрохимические, физические).

38. Процесс кристаллизации. Термодинамические условия гомогенного и гетерогенного зародышеобразования. Механизмы роста кристаллов и пленок. Методы выращивания кристаллов и получения пленок (из жидкой, паровой и твердой фаз).

39. Процессы и методы окисления, диффузии, легирования, термического и корпускулярно-лучевого отжига. Методы литографии. Интеграция процессов микро- и нанотехнологии.

Раздел 9. Микроэлектроника и наноэлектроника

40. Микроэлектроника. Предельные задачи микроэлектроники. Основные случайные факторы и их влияние на размеры элементов.

41. Предельные задачи микроэлектроники. Основные регулярные факторы. Минимальные энергопотребление и время переключения. Скейлинг. Функциональное быстроедействие и производительность ИМС.

42. Интегральные микросхемы. Биполярные транзисторы в полупроводниковых интегральных микросхемах. Конструктивно-технологические направления исключения и снижения влияния основных паразитных элементов.

43. Интегральные микросхемы. МДП-транзисторы в ИМС. Основные связи параметров транзисторов с физическими свойствами структур в ИМС. Основные области применения в ИМС. Конструктивно-технологические направления развития.

44. Наноэлектроника. Методы формирования квантово-размерных структур. Формирование квантово-размерных структур «традиционными» методами (молекулярно-лучевая эпитаксия, ионно-лучевое травление, электронно-лучевая и рентгеновская литография).

45. Наноэлектроника. Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур. Концентрационные упругие домены в твердых растворах полупроводников. Периодически фасетированные поверхности. Поверхностные структуры плоских упругих доменов.

46. Наноэлектроника. Упорядоченные массивы трехмерных когерентно напряженных островков. Массивы вертикально связанных квантовых точек.

Раздел 10. Зондовые методы диагностики структур микро-и наноэлектроники

47. Электронно-зондовая микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая (сканирующая) электронная микроскопия: в режиме отражённых электронов, в режиме вторичных электронов. Оже-электронная спектроскопия

48. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов. Нелинейность, крип, гистерезис пьезокерамики.

49. Принципы сканирующей туннельной микроскопии. Туннельный ток. Зонды для туннельных микроскопов. Измерение локальной работы выхода. Измерение ВАХ туннельного контакта. Туннельная спектроскопия.

50. Принципы сканирующей атомно-силовой микроскопии. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Контактная атомно-силовая микроскопия. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и

образцом. Колебательные методики атомно-силовой микроскопии. Вынужденные колебания кантилеверов. Бесконтактный режим колебаний кантилеверов. «Полуконтактный» режим колебаний кантилеверов.

Список литературы

к разделу 1:

Основная

1. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фаддеев М.А. Основы кристаллографии. -М: Изд-во физ,- мат. лит-ры, 2006.
2. Ньюнхем Р.Э. Свойства материалов. Анизотропия, симметрия, структура. - М.-Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Институт компьютерных исследований, 2007. - 652с.

Дополнительная

3. Васильев Д. М. Кристаллография: учебник-4-е изд., испр. - СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003,-475с.
4. Названов В.Ф. Введение в кристаллофизику. Изд-во Сарат. ун-та, г.Саратов, 1993 г. 44 с.

к разделу 2:

Основная

5. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. СПб. ; М. ; Краснодар: Изд-во Лань, 2008. 618 с. (41 экз.)
6. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 335 с. (30 экз.)
7. Гуревич А. Г. Физика твёрдого тела: учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов и техн. ун-тов; Физ.-техн. ин-т им. А. Ф. Иоффе РАН. - СПб.: Нев. Диалект: БХВ-Петербург, 2004. - 318 с. (15 экз)
8. Драгунов В.П., Неизвестный ИГ., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники. М.: Физмат- книга, 2006. 496 с.
- 6 Пул Ч., Оуэне Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2005. 336 с.
7. Погосов В В. Введение в физику зарядовых и размерных эффектов. Поверхность, кластеры, низкоразмерные системы. - М.: Физматлит, 2006. - 328 с.
8. Д. А.Усанов, С.Г.Сучков. Многочастичные квантовые эффекты в физике твердого тела (экситон, квантовые эффекты Холла, сверхпроводимость). Учеб. пособие с грифом УМО для студ. физич.. фак-та, изд-во СГУ, 2007, 112 с.

Дополнительная

9. Физика твёрдого тела: учеб. для вузов / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - Н. Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та, 1993. - 490 с. (В НБ СГУ 13 экз)
10. Физика твердого тела: учеб. пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. – 218 с. (В НБ СГУ 2 экз)
11. Гуртов В. А. Твердотельная электроника: учеб. пособие - 2-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2007. - 406 с. Гриф (В НБ СГУ 2 экз)

12. Основы физики твердого тела: учеб. пособ. по физике твердого тела для студентов вузов / В. И. Зиненко, Б. П. Сорокин, П. П. Турчин. - М.: Физматлит, 2001. - 336 с. (В НБ СГУ 5 экз)
13. Основы физики полупроводников = Fundamentals of Semiconductors / П. Ю, М. Кардона ; . - 3-е изд. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 560 с. (В НБ СГУ 2 экз)
14. Физика твердого тела для инженеров: учеб. пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; науч. ред. Л. А. Алешина. - М.: Техносфера, 2007. - 518 с. (Гриф) (В НБ СГУ 2 экз)
15. Физика твёрдого тела: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Физика" и др. / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - 3-е изд. стер. - М. : Высш. шк., 2000. - 496 с. (В НБ СГУ 1 экз)
16. Физика твердого тела: учеб. пособие для техн. ун-тов / И. К. Верещагин, С. М. Кокин, В. А. Никитенко. - М. : Издат. дом Моск. физ. о-ва, 1998. – 237 с. (В НБ СГУ 1 экз)
17. Основы физики твердого тела: учеб. пособ. по физике твердого тела для студентов вузов /В. И. Зиненко, Б. П. Сорокин, П. П. Турчин. - М. : Физматлит, 2001. - 336 с.
18. Физика твёрдого тела: учеб. для студентов вузов/ П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - 3-е изд. стер. - М. : Высш. шк., 2000. - 496 с.
19. Физика твёрдого тела для инженеров : учеб. пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; науч. ред. Л. А. Алешина. - М. : Техносфера, 2007. - 518 с.
20. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 1985.
21. Демиховский В.Я., Вугальтер Г А. Физика квантовых низкоразмерных структур. М.: Логос, 2000. 248 с.
22. Физика низкоразмерных систем: учеб. пособие для студентов вузов / А. Я. Шик [и др.]; Под общ. ред. Ильина В И., Шика А. Я. - СПб. : Наука, 2001. - 154 с.
23. Электронные процессы в твердотельных системах пониженной размерности / А. Ф. Кравченко, В. Н. Овсянко. - Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 2000. - 448 с.

к разделу 3:

Основная

24. Гуртов В. А. Твердотельная электроника: Учеб. пособие. - 2-е изд., доп. -М.: Техносфера, 2007. - 406 с.
25. Пул Ч., Оуэне Ф. Нанотехнологии / Пер. с англ. под ред. Ю.И Головина и с доп. В В. Лу- чинина. - 2-е доп. изд. - М.: Техносфера, 2007. - 375 с.
26. Лебедев А. И. Физика полупроводниковых приборов: учеб. пособие. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 487 с.

Дополнительная

27. Михайлов А.И., Сергеев С. А. Физические основы твердотельной электроники: Учебное пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2007.- 164 с.

28. Основы полупроводниковой электроники: учеб. пособие / Г. П. Яровой [и др.]; М-во образования Рос. Федерации, Самар. гос. ун-т. - Самара : Самар. ун-т, 2003. - 153 с.

29. Михайлов А.И., Сергеев С. А., Глуховской Е.Г. Физические основы твердотельной электроники и микроэлектроники: Планы семинарских занятий: Учебное пособие для студ. фак. nano- и биомедицинских технологий / Под общ. ред. проф. А.И. Михайлова. - Саратов: ООО «Редакция журнала «Промышленность Поволжья», 2008. - 116 с.

к разделу 4:

Основная

30. Пул Ч., Оуэне Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2007. 375 с.

31. Материалы и элементы электронной техники: учебник : в 2 т. / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. - М. : Академия, 2006. - Т. 1 : Проводники, полупроводники, диэлектрики. - М. : Академия, 2006. - 439 с.

32. Материалы и элементы электронной техники: учебник : в 2 т. / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. - М. : Академия, 2006. - Т. 2 : Проводники, полупроводники, диэлек Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. - М. : Академия, 2006. - 372 с.

Дополнительная

33. Основы физики твердого тела: учеб. пособ. по физике твердого тела для студентов вузов / В. И. Зиненко, Б. П. Сорокин, П. П. Турчин. - М. : Физматлит, 2001. - 336 с.

34. Физика твёрдого тела: учеб. для студентов вузов/ П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - 3-е изд. стер. - М. : Высш. шк., 2000. - 496 с.

35. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. М.: Высш. школа, 2003. 367 с.

к разделу 5:

Основная

36. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. 2-е изд. - М.: Техносфера, 2006. - 588 с.

37. Игнатов А. Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: учеб. пособие. -М.: Эко-Трендз, 2006.-269 с.

38. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес-Дуарт, Р. Дж. Мар- тин-Палма, Ф. Агулло-Руеда; пер. с англ. -М.: Техносфера, 2007. - 367 с.

39. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы./А.М. Филачев, ИИ. Таубкин, М.А. Трищенко. -М.: Физматкнига, 2007. - 384 с

Дополнительная

40. Ермаков О. Прикладная оптоэлектроника,- М. :Техносфера, 2004.

к разделу 6:

Основная

41. Пул Ч., Оуэне Ф. Нанотехнологии / Пер. с англ. под ред. Ю.И. Головина и с доп. В В. Лу- чинина. - 2-е доп. изд. - М.: Техносфера, 2007. - 375 с.

Дополнительная:

34. Зондовые нанотехнологии в электронике учеб. пособие / В. К. Неволин. - 2-е изд., испри доп. - М. : Техносфера, 2006. - 159 с.

к разделу 7:

Основная

35. Зондовые нанотехнологии в электронике : учеб. пособие / В. К. Неволин. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2006. - 159 с.

36. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 454 с.

37. Наноматериалы : учеб. пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Левина, Э. Л. Дзидзигури. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 365 с.

Дополнительная

38. Усанов Д.А., Яфаров Р.К. Исследование самоорганизации нанокристаллитов в плазме СВЧ газового разряда низкого давления: Учеб. пособие для студ. фак. nano- и биомедицинских технологий. - Изд-во Сарат. ун-та, 2006. 23 с.

39. Леденцов Н.Н. Наноструктуры как это делает природа (Лекторий Научно- Образовательного Центра ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 13 октября 2000 г. <http://edu.ioffe.ru/lectures/leden/>)

к разделу 8:

Основная

40. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси ; пер. с яп. А. В. Хачояна ; под ред. Л. Н. Патрикеева. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 134 с.

41. Материалы и методы нанотехнологии : учеб. пособие / В В. Старостин ; под общ. ред. Л. Н. Патрикеева. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 431 с.

42. Методы нанолитографии. Достижения и перспективы /Г. С. Константинова [и др.]; науч. ред. В. Н. Лозовский. - Ростов н/Д : ТЕРРА-ПРИНТ, 2008. - 112 с.

43. Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р. Дж., Агулло-Руенда Ф. Нанотехнологии для микро и оптоэлектроники. Пер с англ. Хачояна А.В. под ред. Якимова Е.Б. М.: Техносфера, 2007,367 с.

44. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения - 2008 год: сборник / под ред. П. П. Мальцева. - М. : Техносфера, 2008. - 430 с.

Дополнительная

45. Андриевский Р. А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Академия, 2005, 178 с.

46. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии, М.: Физматлит, 2005, 410 с.

47. Кремний - материал нанoeлектроники : учеб. пособие / Н. Н. Герасименко, Ю. Н. Пархоменко. - М. : Техносфера, 2007. - 351 с.

48. Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. - М.: Техносфера, 2008. - 349 с.

49. Нанотехнология. Простое объяснение очередной гениальной идеи = Nanotechnology. A Gentle Introduction to the Next Big Idea / М. Ратнер, Д. Ратнер ; пер. с англ. и ред. А. В. Назаренко. - М. ; СПб. ; Киев : Вильяме, 2007. - 234 с.

к разделу 9:

Основная

50. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии / Пер. с англ. под ред. Ю.И Головина и с доп. В В. Лу- чинина. - 2-е доп. изд. - М.: Техносфера, 2007. - 375 с.

51. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси ; пер. с яп. А. В. Хачояна ; под ред. Л. Н. Патрикеева. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 134 с.

52. Материалы и методы нанотехнологии : учеб. пособие / В В. Старостин ; под общ. ред. Л. Н. Патрикеева. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 431 с.

53. Методы нанолитографии. Достижения и перспективы /Г. С. Константинова [и др.]; науч. ред. В. Н. Лозовский. - Ростов н/Д : ТЕРРА-ПРИНТ, 2008. - 112 с.

54. Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р. Дж., Агулло-Руенда Ф. Нанотехнологии для микро и оптоэлектроники. Пер с англ. Хачояна А.В. под ред. Якимова Е.Б. М.: Техносфера, 2007,367 с.

55. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения - 2008 год: сборник / под ред. П. П. Мальцева. - М. : Техносфера, 2008. - 430 с.

Дополнительная

56. Андриевский Р. А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Академия, 2005, 178 с.

57. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии, М.: Физматлит, 2005, 410 с.

к разделу 10:

основная

58. Нанотехнологии: учеб. пособие / Ч. П. Пул, Ф. Дж. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 2-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2005. - 334 с.

59. Д.А.Усанов Ближнеполевая сканирующая СВЧ-микроскопия и области её применения . - Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2010. - 100 с.

60. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике. М.: Изд-во «Техносфера», 2005. 152 с.

Дополнительная

61. Щука А.А. Наноэлектроника. М.: Физматкнига, 2007. 464 с.

62. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы/ Под ред. Лучинина В.В., Таирова Ю.М. М.: Физматлит, 2006. 552 с.

Программа утверждена Ученым советом института физики и согласована с Отделом по организации приема на основные образовательные программы СГУ

Начальник отдела по организации приема
на основные образовательные программы,
ответственный секретарь Центральной
приемной комиссии СГУ



С.С. Хмелев