

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Физический факультет

Программа рассмотрена и утверждена на  
заседании Учёного совета физического  
факультета \_\_\_\_\_ 2012 г.

Декан физического факультета, доц.

\_\_\_\_\_ К.А.Марков

ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА  
«Твердотельная наноэлектроника»

направление 222900 – «Нанотехнологии и микросистемная техника»  
(бакалавры)

Н. Новгород, 2012 г.

## **I. Общие положения**

1. Государственный экзамен в соответствии с самостоятельно установленным ННГУ образовательным стандартом (СУОС) является частью итоговой аттестации выпускника и проводится с целью определения соответствия знаний, умений и навыков студентов по комплексу специальных дисциплин и их соответствия требованиям СУОС.
2. К экзамену допускаются лица, завершившие полный курс обучения и успешно прошедшие все предшествующие аттестационные испытания, предусмотренные учебным планом. Экзамен проводится в письменной или устной форме.
3. Прием государственного экзамена по специальности осуществляет государственная аттестационная комиссия (ГАК). Персональный состав комиссии утверждается ректором ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Программа итогового государственного экзамена доводится до сведения студентов не позднее, чем за месяц до предполагаемой даты экзамена. Обсуждение и окончательное оценивание ответов студента экзаменационная комиссия проводит на закрытом заседании, определяя итоговую оценку – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».
4. В критерии оценки, определяющие уровень и качество подготовки выпускника по специальности, его профессиональные компетенции, входят:
  - уровень готовности к осуществлению основных видов профессиональной деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой;
  - уровень освоения выпускником материала, предусмотренного учебными программами дисциплин;
  - уровень знаний и умений, позволяющий решать типовые задачи профессиональной деятельности;
  - обоснованность, четкость, полнота изложения ответов;
  - уровень информационной и коммуникативной культуры.
5. Решение об оценке знаний студента принимается ГАК открытым голосованием простым большинством членов комиссии, участвующих в заседании. Результаты экзамена доводятся до студента сразу после закрытого заседания экзаменационной комиссии. Студент, получивший на экзамене оценку «неудовлетворительно», к защите выпускной квалификационной работы не допускается.
6. Программа государственного экзамена включает в себя основные вопросы по базовым курсам профессионального цикла:

## **II. Содержание экзаменационных вопросов:**

1. Точечная симметрия кристаллов. Элементы симметрии и симметрические преобразования. Точечные группы симметрии кристаллов, их назначения и описание.
2. Трансляционная симметрия и атомная структура кристаллов. Пространственные группы и правильная система точек.
3. Кристаллическая решетка и кристаллографическая система координат. Ячейки Браве. Кристаллографические направления, плоскости и их символы.
4. Обратная решетка и ее кристаллографические применения. Основные расчетные формулы кристаллографии.
5. Плотнейшие упаковки шаров, их применение к описанию структуры кристаллов. Основные структурные типы элементов и химических соединений.
6. Дифракционные методы исследования структуры твердых тел.
7. Классификация твердых тел по типам связей. Характер межатомного взаимодействия. Расчет энергии связи в кристаллах.
8. Тепловые точечные дефекты кристалла, их равновесная концентрация. Радиационные дефекты.
9. Типы дислокаций в кристаллах. Основные их характеристики. Движение дислокаций. Образование дислокаций.
10. Акустические и оптические колебания атомов кристаллической решетки. Фононы.
11. Теория теплоемкости твердых тел. Эйнштейна и Дебая.
12. Ангармонические взаимодействия в кристаллах. Тепловое расширение. Теплопроводность твердых диэлектриков. Тепловое сопротивление решетки. N - процессы и U - процессы. Зависимость теплопроводности от температуры.
13. Механизмы поляризации в твердых телах. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью (уравнение Клаузиуса- Мосотти).
14. Пьезо- и сегнетоэлектрики. Поляризационная катастрофа. Температура Кюри. Теория Ландау фазовых переходов. Домены.
15. Магнитные свойства твердых тел. Классификация магнетиков и краткая характеристика физической природы магнетизма.
16. Адиабатическое и одноэлектронное приближение в теории твердого тела. Энергетический спектр электронов в кристалле.
17. Волновая функция электрона в периодическом поле. Теорема Блоха. Зоны Бриллюэна в кубических кристаллах.
18. Приближение эффективной массы. Электроны и дырки в кристалле.
19. Особенности реальной зонной структуры полупроводников.
20. Примесные состояния. Водородоподобная модель примесных центров.
21. Плотность состояний и функции распределения электронов по энергии. Уровень Ферми.
22. Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации носителей тока в примесном полупроводнике.

23. Зависимость концентрации и уровня Ферми от уровня легирования и температуры в компенсированном примесном полупроводнике.
24. Связь концентрации носителей с уровнем Ферми. Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации носителей в собственном полупроводнике.
25. Межзонная излучательная и безызлучательная рекомбинации. Зависимость времени жизни от положения уровня Ферми и температуры.
26. Рекомбинация через ловушки. Зависимость времени жизни от положения уровня Ферми и температуры.
27. Собственное оптическое поглощение полупроводников, прямые и непрямые переходы.
28. Стимулированное излучение. Твердотельные и полупроводниковые лазеры.
29. Явления переноса заряда в полупроводниках. Кинетическое уравнение Больцмана.
30. Дрейфовая подвижность и ее температурная зависимость.
31. Основные параметры качества и тенденции развития элементов нанoeлектроники.
32. Полевой и биполярный транзисторы как вентили логических схем. Время задержки при переключении, энергия переключения.
33. Принципиальные технологические и физические ограничения на параметры транзисторов.
34. Гетероструктурные полевые транзисторы. Селективное легирование. 2D-электронный газ.
35. Транзисторы на горячих электронах.
36. Транзисторы на квантовых эффектах. Резонансно-туннельные диод и транзистор.
37. Одноэлектроника. Физические основы.
38. Углеродные нанотрубки. Полевой транзистор на основе углеродных нанотрубок.
39. Спинтроника. Спиновые инжекция и аккумуляция. Гигантское магнитосопротивление. Спиновый клапан.
40. Электроника на основе переходов Джозефсона. Максимальное быстродействие.
41. Блок-схема усилительного каскада. Принципиальная и эквивалентная схемы усилителя низких частот и его основные характеристики.
42. Усилители мощности.
43. Общие принципы работы и структурные схемы генераторов электрических периодических колебаний.
44. RC – генераторы гармонических колебаний.
45. Радиотехнические сигналы. Виды модуляции.
46. Характеристики передачи линейных цепей (на примере простейших RC-, LR-, LC- фильтров).
47. Выпрямление и детектирование сигналов.

48. Обратные связи в электронных схемах. Повторитель напряжения (назначение, принцип действия, схема).
49. Классификация электронно-микроскопических методов исследования микро- и наноструктур.
50. Технология квантово-размерных структур. Молекулярно-лучевая и МОС-гидридная эпитаксия.
51. Гетерогенное образование зародышей. Понятие критического зародыша. Термодинамическая теория зародышеобразования. Молекулярно-кинетическая теория зародышеобразования.
52. Механизмы гетероэпитаксиального роста: Франка - ван дер Мерве, Фольмера - Вебера, Странски - Крастанова.
53. Типы наноструктур, выращиваемых с использованием эффектов самоорганизации.
54. Общая характеристика литографических методов и их сравнительный анализ. Пути уменьшения размеров элементов интегральных схем. Литография с использованием дальнего вакуумного ультрафиолета. Многослойная брэгговская оптика. ДВУФ-нанолиитограф.
55. Размерное квантование. Квантовые ямы, квантовые нити и квантовые точки.
56. Квантовая яма на основе двойной гетероструктуры.
57. Двойная квантовая яма. Сверхрешётка.

### **III. Список рекомендуемой литературы**

1. Шаскольская М.П. Кристаллография.- М.: Высшая школа, 1976.- 391 с.
2. Вайнштейн Б.К. Современная кристаллография. Т 1. М.: Наука, 1979, 383 с.
3. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фаддеев М.А. Кристаллография. М.: Изд. Физико-матем. Литературы, 2000, 496 с.
4. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 1985, 384 с.
5. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров. – М.: Техносфера, 2007.
6. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978.
7. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. - М.: Мир, 1988.
8. Шалимова К.В. Физика полупроводников.- М.: Энергия, 1976.-416 с.
9. Киреев П.С. Физика полупроводников.-М.: Высш. шк., 1975.-584 с.
10. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников.-М.: Наука, 1990.-688 с.
11. Ю П., Кардона М.. Основы физики полупроводников. - М., Физматлит, 2002.-560 с.
12. Гуртов В.А.. Твердотельная электроника. – М.: Техносфера, 2005.
13. Пасынков В.В., Чиркин Л.К., Шинков А.Д. Полупроводниковые приборы.- М.: ВШ, 1987; М.: ВШ, 2003.
14. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. - М.: Сов. Радио, 1990.

15. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. - М.: Энергия, 1990.
16. Зи С. Физика полупроводниковых приборов, т.1, 2. - М.: Мир, 1984.
17. Пожела Ю. К. Физика быстродействующих транзисторов. Вильнюс, Мокслас, 1989, 264с.
18. Драгунов В. П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А. Основы наноэлектроники, Новосибирск, Изд. НГТУ, 2000, 332 с.
19. Золотухин И. В., Калинин Ю. Е., Стогней О. В., Новые направления физического материаловедения, Воронеж, Изд. ВГУ, 2000, 286 с.
20. Щука А. А. Наноэлектроника. М., Физматкнига, 2007, 464 с.
21. Каяцкас Д.В., Основы радиоэлектроники, М., Наука, 1987, 320 с.
22. Манаев В.И. Основы радиоэлектроники. М.: Радио и связь, 1990.-512 с.
23. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь, 1986, - 511 с.
24. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа, 1988, - 448 с.
25. Радиотехнические цепи и сигналы. Под ред. Самойло К.А. М.: Сов. радио, 1982, - 527 с.
26. Случинская И.А. Основы материаловедения и технологии полупроводников, - Москва, 2002 г. - 376 с.
27. Харрис П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века.- М.: Техносфера, 2003.-336 с.
28. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем.-СПб.: Наука, 2001.-160 с.
29. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники. Новосибирск, НГТУ, 2004.
30. Демиховский В.Я., Вугальтер Г.Л. Физика квантовых низкоразмерных структур. М., Логос, 2000.