

АО «НИИ «Полнос» им. М.Ф. Стельмаха»
АСПИРАНТУРА

УТВЕРЖДЕНА
приказом АО «НИИ «Полнос» им. М.Ф. Стельмаха»
от 09 01 2025 г. № 1109.

ПРОГРАММА

вступительного экзамена по специальности

**2.2.2. Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники,
квантовых устройств**

Область науки:

2. Технические науки

Группа научных специальностей:

2.2. Электроника, фотоника, приборостроение и связь

Москва, 2025

1. Введение.

История развития квантовой электроники. Области применения приборов квантовой электроники.

2. Основы квантовой механики и атомной физики.

Законы излучения абсолютно черного тела. Формула Планка. Квантовая природа света. Энергия, импульс и масса фотона. Эффект Комптона. Волны де-Бройля. Волновая функция и уравнение Шредингера. Квантовомеханическое объяснение строения атома водорода. Полная система квантовых чисел. Принцип Паули. Периодический закон Д.И. Менделеева и строение атомов элементов.

3. Основы физики твердого тела.

Зонная теория твердого тела. Металлы. Полупроводники. Диэлектрики. Статистика электронов и дырок. Распределение Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна и Больцмана.

Контактные явления в полупроводниках. Контакт металл-полупроводник. Процессы в электронно-дырочных переходах. Гетеропереходы, их свойства. Квантовые ямы. Квантовокаскадные лазеры на наноразмерных полупроводниковых технологиях. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Кристаллические дефекты и их влияние на свойства твердых тел.

4. Основы физической оптики.

Электромагнитная природа света. Система уравнений Максвелла. Основные свойства электромагнитных волн. Поперечность электромагнитных волн, поляризация, скорость распространения света. Отражение и преломление света диэлектриками. Формулы Френеля. Угол Брюстера. Явление полного внутреннего отражения. Отражение световых волн от поверхности металла. Понятие открытых и закрытых резонаторов для СВЧ и оптического диапазона. Основы кристаллооптики.

Дисперсия света, нормальная и аномальная интерференция и дифракция света. Геометрическая и волновая оптика.

5. Физические основы квантовых устройств.

Свойства лазерного излучения: монохроматичность, высокая направленность, когерентность, большая спектральная яркость. Типы лазеров их параметры и области применения.

Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна и соотношения между ними.

Методы накачки квантовых генераторов на твердом теле, в газовых разрядах и в полупроводнике с p-n переходами.

Понятие инверсной населенности.

6. Компонентная база квантовых устройств.

Твердотельные, полупроводниковые, газовые лазеры. Светоизлучающие и суперлюминесцентные диоды. Приемники излучения. Общая характеристика.

Активные среды. Основные конструкции. Техническая реализация различных методов накачки. Режимы работы.

Методы управления излучением лазеров. Преобразование частоты излучения.

Применение лазеров в научных исследованиях, технологии, связи, медицине,

системах измерения дальности, локации, в вычислительных устройствах и установках управляемого термоядерного синтеза.

Рекомендуемая основная литература

1. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М., Наука, 1977.
2. Шалимова К.В. Физика полупроводников. – М., Энергоатомиздат, 1985.
3. Епифанов Г.И., Мома Ю.А. Твердотельная электроника. – М., Высшая школа, 1986.
4. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов в 2-х книгах. – М., Мир, 1984.
5. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника. Под ред. Федорова Н.Д. – М., Радио и связь, 1998.
6. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. – М., Радио и связь, 1990.
7. Блихер А. Физика силовых биполярных и полевых транзисторов. Ленинград, Энергоатомиздат, 1986.
8. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. – М., Радио и связь, 1998.
9. Тилл У., Лаксон Дж. Интегральные схемы, материалы, приборы и их изготовление. – М., Мир, 1985.
10. Емельянов В.А. Быстродействующие цифровые КМОП БИС. – Минск, Полифакт, 1998.
11. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника. – М., Радио и связь, 1989.
12. Фотоприемники видимого и ИК диапазонов. Под ред. Стафеева В.И. – М., Радио и связь, 1985.
13. Носов Ю.Р., Шилин В.А. Основы физики приборов с зарядовой связью. – М., Наука, 1986.
14. Трищенко М.А. Фотоприемные устройства и ПЗС. – М., Радио и связь, 1992.
15. Технология СБИС в 2-х книгах. Под ред. С. Зи. – М., Мир, 1986.
16. Березин А.С., Мочалкина О.Р. Технология и конструирование интегральных микросхем. – М., Радио и связь, 1983.
17. Черняев В.Н. Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров. – М., Радио и связь, 1987.
18. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. – М., Радио и связь, 1989.
19. Валиев К.А. Физические основы субмикронной фотолитографии. – М., Наука, 1990.
20. Броудай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии. – М., Мир, 1985.
21. Моделирование полупроводниковых приборов и технологических процессов. Под ред. Д. Миллера. – М., Радио и связь, 1989.
22. Бубенников А.Н. Моделирование интегральных микротехнологий, приборов и схем. – М., Высшая школа, 1989.
23. Соклоф С. Аналоговые интегральные схемы. – М., Мир, 1988.
24. Козырь И.Я. Качество и надежность интегральных микросхем. – М., Высшая школа, 1987.

25. Домрачев В.Г., Мальцев П.П., Новаченко И.В., Пономарев С.Н. Базовые матричные кристаллы и матричные БИС. – Энергоатомиздат, 1992.
26. Алексенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника. – М., Радио и связь, 1987.
27. Рычина Т.А., Зеленский А.В. Устройства функциональной электроники и электрорадиоэлементы. – М., Радио и связь, 1989, 352с.
28. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность. – М., РХД, 2001.
29. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники. – Новосибирск, НГТУ, 2000.
30. Арсенид галлия в микроэлектронике. Под ред. В.Н. Мордковича. – М., Мир, 1988.
31. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. – СПб, «Лань», 2002
32. Пичугин И.Г., Таиров Ю.М. Технология полупроводниковых приборов – М., Высшая школа, 1984.
33. Сорокин В.С. Материалы и элементы электронной техники / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева; в 2-х томах, 2-ое издание. – Санкт-Петербург: Лань, 2016.
34. Наночастицы, наносистемы и их применение. Часть 1. Коллоидные квантовые точки / Под ред. В.А. Мошникова, О.А. Александровой. – Уфа: Аэтерна, 2015. – 236 с.
35. Наночастицы, наносистемы и их применение. Часть 2. Углеродные и родственные слоистые материалы для современной нанoeлектроники / Под ред. В.А. Мошникова, О.А. Александровой. – Уфа: Аэтерна, 2016. – 330 с.
36. Физика и технология микро- и наносистем / Под ред. В.В. Лучинина. – Санкт-Петербург: Русская коллекция, 2011. – 240 с.
37. Квантовая и оптическая электроника / А.Н. Пихтин. – М., Абрис, 2012. – 655 с.
38. Ионно-плазменные технологии в электронном производстве / В.Т. Барченко, Ю.А. Быстров, Е.А. Колгин. – Санкт-Петербург: Лань, 2001. – 254 с.
39. Нанoeлектроника / В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина. – М.,: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 223 с.
40. Основы нанoeлектроники / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. – М.,: Логос, 2006. – 496 с.