

Согласовано
Советом физико-технического факультета

(протокол от 01 сентября 2020 года № 1)

Утверждаю
Председатель приемной комиссии
ФГБОУ ВО «СОГУ»



А.У. Огоев
_____ г.

ПРОГРАММА

вступительных испытаний при приеме на обучение по образовательным программам
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в 2021 году

направление подготовки 3.06.01 Физика и астрономия

направленность программы Физика полупроводников

Составитель: Макоев Т.Т., доктор
физико-математических наук, профессор,
зав. кафедрой физики конденсированного
состояния

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного экзамена по направлению подготовки 03.06.01 – «Физика и астрономия» (направленность программы – «Физика полупроводников») предназначена для поступающих в аспирантуру в качестве руководящего учебно-методического документа для целенаправленной подготовки к сдаче вступительного экзамена.

Программа включает содержание профилирующих учебных дисциплин, входящих в Основную образовательную программу высшего профессионального образования, по которой осуществляется подготовка студентов, в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта.

Поступающий в аспирантуру должен продемонстрировать высокий уровень теоретического владения материалом вузовского курса «Физика полупроводников».

Данная программа представляет собой сочетание базовой части вступительного экзамена по направленности программы «Физика полупроводников» и дополнительной части вступительного экзамена по профилю, разработанной принимающей кафедрой индивидуально для поступающего с учетом будущей области его научных исследований и предполагаемой темы диссертационной работы.

Конденсированное состояние вещества.

Химическая связь и атомная структура полупроводников. Электронная конфигурация внешних оболочек атомов и типы сил связи в твердых телах.

Параметры важнейших полупроводников – элементов A^{IV} , A^{VI} и соединений типов $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$, $A^{IV}B^{VI}$.

Симметрия кристаллов. Трансляционная симметрия кристаллов. Базис и кристаллическая структура. Зона Бриллюэна.

Некристаллические (аморфные) полупроводники.

Органические полупроводники.

Физические основы технологических методов получения полупроводниковых материалов, полупроводниковых пленок органических веществ, композитных структур, структур пониженной размерности (тонкие пленки, наночастицы) и полупроводниковых приборов на их основе.

Методы выращивания эпитаксиальных пленок (эпитаксия из жидкой и газовой фазы).

Молекулярно-лучевая эпитаксия. Металлорганическая эпитаксия.

Основные методы определения параметров полупроводников: ширины запрещенной зоны, подвижности и концентрации свободных носителей, времени жизни неосновных носителей.

Основные приближения зонной теории. Волновая функция электрона в периодическом поле кристалла. Теорема Блоха. Зона Бриллюэна. Энергетические зоны.

Особенности энергетического спектра частиц в системах пониженной размерности. Энергетический спектр сверхрешеток. Классификация полупроводниковых сверхрешеток. Уравнения движения электронов и дырок во внешних полях. Метод эффективной массы. Искривление энергетических зон в электрическом поле. Движение электронов и дырок в магнитном поле.

Связь зонной структуры с оптическими свойствами полупроводника. Уровни энергии, создаваемые примесными центрами в полупроводниках. Доноры и акцепторы. Мелкие и глубокие уровни. Водородоподобные примесные центры.

Равновесная статистика электронов и дырок в полупроводниках. Функция распределения электронов. Распределение квантовых состояний в системах пониженной размерности.

Концентрация электронов и дырок в зонах, эффективная плотность состояний. Особенности распределения плотности состояний в 2D-системах. Распределение плотности состояний в квантовых проволоках и квантовых точках.

Положение уровня Ферми и равновесная концентрация электронов и дырок в собственных и примесных (некомпенсированных и компенсированных) полупроводниках. Многозарядные примесные центры. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации электронов и толщины пленки для 2D-систем.

Рекомбинация электронов и дырок в полупроводниках. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Уравнение кинетики рекомбинации. Времена жизни.

Схема энергетических зон в контакте металл-полупроводник. Обогащенные, обедненные и инверсионные слои пространственного заряда вблизи контакта. Вольт-амперная характеристика барьера Шотки.

Гетеропереходы. Энергетические диаграммы гетеропереходов.

Оптические явления в полупроводниках. Межзонные переходы. Край собственного поглощения в случае прямых и непрямых, разрешенных и запрещенных переходов.

Фотоэлектрические явления. Примесная и собственная фотопроводимость. Влияние прилипания неравновесных носителей заряда на фотопроводимость.

Полупроводниковые структуры пониженной размерности. Сверхрешетки. Размерное квантование.

Структурные и морфологические свойства полупроводниковых материалов и композитных структур на их основе.

Методы исследования полупроводников в нанокристаллическом состоянии.

Электронные спектры полупроводниковых материалов и композитных соединений на их основе. Особенности электронных спектров органических полупроводниковых материалов.

Молекулярные спектры органических веществ, спектры полупроводников и методики их идентификации.

Электронный транспорт в органических полупроводниках и композитных полупроводниковых структурах.

Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках на основе органических молекул, содержащих гетероциклические соединения.

Спонтанная и стимулированная люминесценция в полупроводниковых материалах и композитных структурах.

Спектральные методы исследования органических полупроводниковых материалов.

Применение органических полупроводниковых материалов для создания приборных структур в коммерческих изделиях.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Байков Ю.А., Кузнецов И.М. Физика конденсированного состояния : учебное пособие для вузов. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011, - 294 с.
2. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников : учебное пособие. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2016. - 624 с. <https://e.lanbook.com/book/71742>
3. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учеб. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 384 с. <https://e.lanbook.com/book/648>
4. Киреев П.С. Физика полупроводников. М.: Высшая школа, 1975.
5. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники. Москва : Физматкнига, 2006, 495 с.
6. Владимиров, Г.Г. Физика поверхности твердых тел: учеб. пособие — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 352 с. <https://e.lanbook.com/book/71707>

Дополнительная литература

1. Епифанов Г.И. Физика твердого тела: учеб. пособие — СанктПетербург: Лань, 2011. — 288 с. <https://e.lanbook.com/book/2023>
2. Кульчин Ю. Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем — Москва: Физматлит, 2015. — 488 с. <https://e.lanbook.com/book/72018>
3. Тимофеев В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур: учеб. пособие — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 512 с. <https://e.lanbook.com/book/56612>
4. Демиховский В. Я., Вугальтер Г. А. Физика квантовых низкоразмерных структур. - М. : Логос, 2000. - 248 с.
5. Гантмахер В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах — Москва: Физматлит, 2013. — 288 с. <https://e.lanbook.com/book/91178>