

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МИСиС»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Председателя
приемной комиссии


_____/ А.А. Волков
«31» _____ 2022 г.


Принято на заседании
Ученого совета ИНМиН
протокол № 6-22 от 22.09.2022 г.
Директор института ИНМиН
_____/ С.Д. Калошкин

«22» сентября 2022 г.

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ
ПОСТУПАЮЩИХ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ
МАГИСТРАТУРЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ
11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА**

Москва 2022

Содержание

	Стр.
1. Пояснительная записка	3
2. Содержание разделов	4
3. Рекомендуемая литература	6

1. Пояснительная записка

Целью вступительного испытания является определение уровня подготовки абитуриентов, поступающих в магистратуру, для учебной и научной работы и соответствие требованиям государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника».

Форма, продолжительность проведения вступительного испытания.

Критерии оценивания.

Вступительное испытание проводится в письменной форме.

Продолжительность вступительного испытания составляет 120 минут.

Экзаменационный билет содержит 5 заданий. Каждое задание оценивается в 20 баллов.

Результатом оценивания работы является сумма баллов, полученных за каждое задание.

Максимальная итоговая оценка - 100 баллов.

Минимальная сумма баллов для участия в конкурсе составляет 40 баллов.

Перечень принадлежностей, которые поступающий имеет право пронести в аудиторию во время проведения вступительного испытания: ручка, карандаш, ластик, не программируемый калькулятор.

2. Содержание разделов

1. Химическая связь и атомная структура полупроводников

Электронная конфигурация внешних оболочек атомов и типы сил связи в твердых телах. Ван-дер-Ваальсова, ионная и ковалентная связь.

Структуры важнейших полупроводников - элементов A^{IV} , A^{VI} и соединений типов $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$, $A^{IV}B^{VI}$. Симметрия кристаллов. Элементарная ячейка. Примитивная ячейка. Ячейка Вигнера-Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна. Примеси и структурные дефекты в кристаллических и аморфных полупроводниках. Химическая природа и электронные свойства примесей. Точечные, линейные и двумерные дефекты.

2. Основы технологии полупроводников и методы определения их параметров

Методы выращивания объемных монокристаллов из жидкой и газовой фаз. Методы выращивания эпитаксиальных пленок (эпитаксия из жидкой и газовой фазы). Молекулярно-лучевая эпитаксия. Металлорганическая эпитаксия. Методы легирования полупроводников. Основные методы определения параметров полупроводников: ширины запрещенной зоны, подвижности и концентрации свободных носителей, времени жизни неосновных носителей, концентрации и глубины залегания уровней примесей и дефектов.

3. Основы зонной теории полупроводников

Энергетические зоны. Эффективная масса. Плотность состояний. Уравнения движения электронов и дырок во внешних полях. Искривление энергетических зон в электрическом 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.

4. Равновесная статистика электронов и дырок в полупроводниках

Функция распределения электронов. Концентрация электронов и дырок в зонах эффективная плотность состояний. Невырожденный и вырожденный электронный (дырочный) газ. Концентрации электронов и дырок на локальных уровнях. Положение уровня Ферми и равновесная концентрация электронов и дырок в собственных и примесных (некомпенсированных и компенсированных) полупроводниках.

5. Кинетические явления в полупроводниках

Проводимость, постоянная Холла и термо-ЭДС. Дрейфовая скорость, дрейфовая и холловская подвижности, фактор Холла. Дрейфовый и диффузионный ток. Соотношение Эйнштейна. Механизмы рассеяния носителей заряда в неидеальной решетке.

6. Рекомбинация электронов и дырок в полупроводниках

Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Уравнение кинетики рекомбинации. Времена жизни. Фотопроводимость. Механизмы рекомбинации. Излучательная и безызлучательная рекомбинация. Межзонная рекомбинация. Рекомбинация через уровни примесей и дефектов.

7, Контактные явления в полупроводниках

Схема энергетических зон в контакте металл-полупроводник. Обогащенные, обедненные и инверсионные слои пространственного заряда вблизи контакта. Вольт-амперная характеристика барьера Шоттки. Энергетическая диаграмма p - n перехода. Инжекция неосновных носителей заряда в p - n переходе. Гетеропереходы. Энергетические диаграммы гетеропереходов.

8. Оптические явления в полупроводниках

Межзонные переходы. Край собственного поглощения в случае прямых и непрямых, разрешенных и запрещенных переходов. Экситонное поглощение и излучение. Спонтанное и вынужденное излучение. Поглощение света на свободных носителях заряда. Поглощение света на колебаниях решетки. Влияние примесей на оптические свойства. Примесная структура оптических спектров вблизи края собственного поглощения в прямозонных и непрямозонных полупроводниках.

9. Принципы действия полупроводниковых приборов

Вольтамперная характеристика p - n перехода. Приборы с использованием p - n переходов. туннельный диод. Диод Ганна. Биполярный транзистор. Тиристор. Энергетическая диаграмма Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). Полевые транзисторы на МДП-структурах. Приборы с зарядовой связью. Фотоэлементы и фотодиоды. Спектральная чувствительность и обнаружительная способность. Полупроводниковые детекторы ядерных излучений. Фотоэлектрические преобразователи, КПД преобразования. Светодиоды и полупроводниковые лазеры. Инжекционные лазеры на основе двойной гетероструктуры. Использование наноструктур в полупроводниковых приборах. Гетеротранзистор с двумерным электронным газом (НЕМТ). Гетеролазеры на основе структур с квантовыми ямами и квантовыми точками. Резонансное туннелирование в двухбарьерной гетероструктуре и резонансно-туннельный диод.

3. Рекомендованная литература

1. Гуртов В.И. Твердотельная электроника. М. Техносфера, 2008
2. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. М.: Лань, 2010
3. Зегря Г. Г., Перель В. И. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2009 г.
4. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. М.: Мир, 1984.
5. Киреев П.С. Физика полупроводников. М.: Высш. шк., 1975.
6. Матухин В.А., Ермаков В.А. Физика твердого тела. М.: Лань, 2010
7. Мотт Ю.И. Оптические свойства полупроводников. М.: Наука, 1977.
8. Пасынков В В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. М : Лань 2006
9. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Лань, 2010.
10. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
11. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.
12. Лебедев А.В. Физика полупроводниковых приборов. М.: Физматлит, 2008