

Утверждено
решением Ученого Совета
физического факультета МГУ
от 26.12.2019 г.
Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н.Сысоев



Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
Магистерская программа
«Физика полупроводников»

Билет № 1

1. Зонная структура электронного энергетического спектра идеального полупроводника. Электронные состояния примесей и дефектов.
2. Амбиполярная диффузия. Длина диффузии неравновесных носителей заряда.
3. Рассчитать число атомов на кубическую элементарную ячейку ГЦК структуры.

Билет № 2

1. Теория теплоемкости твердых тел по Эйнштейну и Дебаю.
2. Невырожденный и вырожденный газ носителей заряда. Свойства.
3. По образцу германия с поперечным сечением $b \times d = 1 \text{ мм} \times 2 \text{ мм}$ протекает ток 0.6 А . Образец помещен в поперечное магнитное поле с индукцией 0.6 Тл . Оценить холловское напряжение, если известно, что концентрация носителей заряда равна 10^{17} см^{-3} . Холловский фактор считать равным единице.

Билет № 3

1. Межзонное поглощение в прямозонных полупроводниках.
2. Инжекция неосновных носителей заряда в p-n переходе.
3. Вычислить плотность тока в прямоугольном образце германия, к которому приложена разность потенциалов 1 В (размер образца вдоль приложенного поля равен 10^{-2} см). Принять, что концентрации электронов и дырок одинаковы и равны $n_i = 2,4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$, а их подвижности равны $\mu_n = 3900 \text{ см}^2/(\text{В с})$ и $\mu_p = 1900 \text{ см}^2/(\text{В с})$.

Билет № 4

1. Модуляционно-легированные низкоразмерные структуры.
2. Энергетическая диаграмма p-n перехода в состоянии термодинамического равновесия.
3. К полупроводнику n-типа приложено электрическое поле напряженности 10 В/см и проходит электрический ток. Оценить дрейфовую скорость электронов v_d и найти отношение дрейфовой скорости к тепловой скорости v_T при комнатной температуре, если известно, что подвижность электронов равна $1350 \text{ см}^2/(\text{В с})$ (для оценки v_T положить эффективную массу электронов в кристалле равной массе свободного электрона в вакууме m_0). При какой напряженности поля отношение v_d/v_T становится порядка единицы

Билет № 5

1. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Рассеяние на заряженной примеси. Рассеяние на колебаниях решетки по методу потенциала деформации.
2. Колебания атомов одно- и двухатомной цепочки. Акустические и оптические фононы.
3. Плотность железа (атомный номер 56) равна 7.9 г/см^3 , структура – ОЦК. Найти постоянную решетки и расстояние между ближайшими соседями (атомная единица массы= $1.66 \cdot 10^{-24} \text{ г}$).

Билет № 6

1. Фермионы и бозоны; примеры из физики твердого тела. Функция распределения частиц по энергии.
2. Неравновесные процессы в полупроводниках: генерация и рекомбинация, времена жизни.
3. Найти индексы Миллера плоскости, проходящей через узлы решетки алмаза $[[100]]$, $[[010]]$, $[[001]]$.

Билет № 7

1. Природа химической связи в кристаллах.
2. Плотность электронных состояний в кристаллических полупроводниках.
3. Оценить минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером $\Delta x = 10^{-8} \text{ см}$.

Билет № 8

1. Экситоны. Экситонное поглощение в полупроводниках.
2. Вид волновой функции электрона в кристалле. Теорема Блоха.
3. Рассчитать число атомов на кубическую элементарную ячейку ОЦК структуры.

Билет № 9

1. Сверхрешетки: классификация и свойства.
2. Представление об электронах и дырках в полупроводниках.
3. Построить график температурной зависимости проводимости типичного полупроводника.

Билет № 10

1. Гетеропереходы и приборы на их основе.
2. Основные представления физики некристаллических полупроводников.
3. Каково координационное число атома в ГЦК структуре?

Билет № 11

1. Квантовый размерный эффект в полупроводниках.
2. Симметрия элементарной ячейки и кристаллические системы.
3. Рассчитать длину свободного пробега электронов в GaAs, приняв подвижность электронов равной $9000 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$. Эффективная масса электронов $m = 0.06m_0$, $T = 300 \text{ К}$.