

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. декана физического факультета МГУ

профессор Белокуров В.В.



БИЛЕТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

Направление подготовки 03.04.02 «Физика»

Магистерская программа

«ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

Билет № 1

1. Спектроскопия Резерфордовского обратного рассеяния. Формула Резерфорда для сечения рассеяния.
2. Глеющий разряд. Модели Шоттки и Тонкса-Ленгмюра.
3. Определить длину свободного пробега распыленного атома меди в среде аргона. Радиусы атомов газа и распыленной частицы – 0.96×10^{-8} см и 1.82×10^{-8} см. Плотность атомов газа в системе – 3.5×10^{16} см⁻³.

Билет № 2

1. Коэффициент распыления. Зависимости коэффициента распыления от угла и энергии налетающих частиц. Распределение распыляемых атомов по энергиям.
2. Конвективная и абсолютная неустойчивости. Критерии характера неустойчивостей. Правила Стэррока.
3. Рассчитать отношение полуширин спектральных линий водорода ($\lambda = 656$ нм) и ксенона ($\lambda = 823$ нм) для температуры газа $T = 2000$ К.

Билет № 3

1. Энергия Ферми, химический потенциал, понятие зоны Бриллюэна. Плотность электронных состояний в твердом теле.
2. Оптическая толщина плазмы. Основные законы равновесного излучения.
3. Мишень из кремния облучается ионами Ag с энергией 10 кэВ. Плотность ионного тока составляет 0.2 мА/см². Оценить скорость распыления поверхности. Коэффициент распыления кремния для энергии 10 кэВ – 3 ат/ион.

Билет № 4

1. Классификация процессов зарядового обмена и их основные особенности.
2. Плазменные реакторы на основе емкостного ВЧ разряда. Механизмы поглощения ВЧ мощности.
3. Во сколько раз частота ленгмюровской волны электронной плазмы больше ленгмюровской частоты, если длина волны $\lambda = 2\pi r_{De}$ (r_{De} - электронный дебаевский радиус)? Диссипативные эффекты не учитывать.

Билет № 5

1. Основные положения статистики Ферми-Дирака, уровень Ферми в металлах и в чистых собственных полупроводниках.
2. Предельный вакуумный ток релятивистского замагниченного электронного пучка в цилиндрическом пространстве дрейфа.
3. На углеродную пластину напылили плёнку сплава CuAu. Толщина плёнки – 50 нм. Нарисовать примерный вид спектра Резерфордовского обратного рассеяния ионов He⁺ с энергией $E_0 = 2$ МэВ.

Билет № 6

1. Вторичная электронная эмиссия, коэффициент эмиссии, зависимость от энергии первичных электронов.
2. Основные уравнения газовой динамики.
3. Вычислить групповую скорость $V_g = d\omega/dk$ поперечной электромагнитной волны в холодной электронной плазме без столкновений, если длина волны $\lambda = 2\pi c/\omega_p$.

Билет № 7

1. Основные механизмы электронно-стимулированной десорбции.
2. Дуговой разряд. Переход от тлеющего разряда к дуговому.
3. Рассчитать время диффузии и расстояние на которое переместится адатом по подложке с периодом решетки в 5 Å и температурой 300 К, если энергия поверхностной диффузии составляет 0.01 эВ, энергия адсорбции – 0.2 эВ, частота колебаний атомов кристаллической решетки 10^{13} Гц.

Билет № 8

1. Принцип работы сканирующего зондового микроскопа. Особенности работы атомно-силового и туннельного микроскопа. Режим постоянного тока и постоянной высоты в работе туннельного микроскопа.
2. Определение температуры плазмы по относительным интенсивностям спектральных линий в рамках модели локального термодинамического равновесия.
3. Определить длины волн, соответствующие максимальной интенсивности планковских излучателей, с температурами 10000 К, 3000 К и 100 К.

Билет № 9

1. Масс спектрометрия вторичных ионов. Коэффициент вторичной ионной эмиссии. Основная формула масс спектрометрии вторичных ионов.
2. Неравновесные спектры в плазме и их интенсивности. Естественная ширина уровней энергии и спектральных линий.
3. Вычислить относительную равновесную концентрацию вакансий в кристалле при температуре 300 и 900 К, если энергия образования вакансии равна $E_v = 1$ эВ.

Билет № 10

1. Общий вид гамильтониана твёрдого тела. Приближения Борна - Оппенгеймера, Хартри-Фока и Томаса-Ферми.
2. Стример. Волны ионизации. Лавинно-стримерный переход.
3. Оценить амплитуду колебаний электронов и ионов аргона в ВЧ электрическом поле частотой 13.56 МГц с амплитудой 10 В/см в отсутствие столкновений.

Билет № 11

1. Отражение электронов от твердотельных мишеней, коэффициент отражения в зависимости от атомного номера и энергии облучающих электронов.
2. Источники плазмы на основе индуктивного ВЧ разряда. Закономерности проникновения ВЧ полей в плазму. Механизмы поглощения ВЧ мощности.
3. Рассчитать квант проводимости одномерной цепочки атомов.

Билет № 12

1. Собственная и примесная проводимости. Основные и неосновные носители заряда в полупроводнике (температурная зависимость).
2. Волны плотности заряда в одномерном пучке электронов. Энергия волн. Волны с отрицательной энергией.
3. Определить максимально и минимально возможные частоты переходов серии Бальмера для цезия, если $\alpha_2 = \alpha_3 = 0.333$.

Билет № 13

1. Механизмы (модели) образования вторичных ионов.
2. Ударные волны в газе. Адиабата Гюгонио.
3. Найти матрицу, описывающую изменение вектора $(x, dx/dz)$ при прохождении ионов последовательно через дрейфовое пространство длиной L , линзу с фокусным расстоянием f и снова дрейфовое пространство длиной L .

Билет № 14

1. Физические основы метода электронной оже-спектроскопии.
2. Свободная и амбиполярная диффузия. Классическая теория диффузии.
3. Найти предельный вакуумный ток тонкого трубчатого электронного пучка в круглом волноводе радиуса $R = 2$ см. Средний радиус пучка $r_b = 1.5$ см, скорость пучка $u = 2.6 \cdot 10^{10}$ см/с.

Билет №15.

1. Принцип работы просвечивающего электронного микроскопа.
2. Теневые методы диагностики плазмы.
3. Спектральная линия соответствует переходу между уровнями с разностью энергии 5 эВ. Определить волновое число $[\text{см}^{-1}]$ перехода, длину волны $[\text{нм}]$ и частоту перехода $[\text{с}^{-1}]$.

Билет №16.

1. Принципы построения ускорителей ионов. Каскадный ускоритель. Электростатический ускоритель. Циклотрон, синхротрон.
2. Уширение спектральных линий, обусловленное тепловым движением частиц в плазме.
3. Фазовая скорость медленной волны плотности заряда безграничного электронного пучка равна половине его скорости $u = 2 \cdot 10^9$ см/с. Найти плотность электронов пучка, если длина волны $\lambda = 6.28$ см. Релятивистских эффектов не учитывать.