Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
Магистерская программа
«Оптика, спектроскопия, физика лазерного и синхротронного излучения»
**Билет № 1**
1. Нелинейная поляризация среды в поле интенсивного лазерного излучения. Среды с квадратичной нелинейностью. Оптическое детектирование и генерация гармоник.
2. Статистические явления в оптике. Распределения случайных величин. Спектральное представление случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина.
3. Определить оптимальную мощность и максимальную дальность работы когерентной оптической DWDM системы связи (80 каналов по 100 Гбит/с) на длине волны 1550 нм. Требуемый OSNR ($\text{OSNR}_p$) приемо-передающей системы 12 дБ, длина пролетов 100 км, затухание в волноводе 0,2 дБ/км, шум-фактор оптического усилителя 6 дБ, коэффициент нелинейного шума $\eta = 0,25 \cdot 10^{-3}$ Вт-2

**Билет № 2**
1. Понятие об экситонах в твердых телах. Типы экситонов, их свойства, особенности спектров поглощения.
2. Принцип когерентного детектирования и структура интегрированного когерентного приемника с поляризационной диверсификацией.
3. Рассчитать критические углы полного внутреннего отражения для светодиодов на основе GaAs, GaN и полимерного материала, показатели преломления соответственно равны 3,4; 2,5 и 1,5. Определить долю света, выходящего за пределы кристаллов указанных материалов. Оценить, как изменится доля выходящего света, если кристалл GaAs поместить в герметичный корпус. Отражением света на границе полимер-воздух пренебречь.

**Билет № 3**
1. Механизмы локализации света и типы планарных волноводов: металлические, диэлектрические и брэгговские волноводы. Зависимость постоянной распространения металлического волновода от длины световой волны.
2. Рекомбинация носителей в полупроводниках. Излучательная рекомбинация, безызлучательная рекомбинация. Излучательная рекомбинация носителей при низком и высоком уровне возбуждения.
3. Определить врея жизни неосновных носителей в GaAs p-типа при концентрациях легирующих примесей 1015 см-3. Коэффициент бимолекулярной рекомбинации $V = 10^{-10}$ см3/с. Оценить время жизни носителей в беспримесном GaAs, если концентрация носителей составляет $n_0 = p_0 = 2 \times 10^6$ см-3.

**Билет № 4**
Оптические характеристики светодиодов. Спектр излучения. Угол вывода излучения. Пространственное распределение излучения. Кривая светораспределения, Ламбертовское распределение излучения.
2. Сингулярные элементы в структуре световых полей. Каустики и винтовые дислокации волнового фронта. Методы регистрации винтовых дислокаций.
3. Найти длины волн отсечки первых 5 поперечных мод распространения планарного волновода толщиной $d = 2$ мкм с идеальными металлическими зеркалами. Найти зависимости фазовой и групповой скоростей распространения первых 5 поперечных мод от длины волны. При какой длине волны фазовая скорость 2-ой модели совпадает с фазовой скоростью 1-ой (основной) модели с длиной волны $\lambda = 1500$ нм? Пространство между зеркалами — вакуум.
Билет № 5
1. Свойства устойчивых и неустойчивых оптических резонаторов. Кольцевые резонаторы.
2. Светодиоды в волоконной оптике и системах связи. Соединение светодиода с оптическим волокном при помощи линз. Беспроводные оптические системы связи. Глаз-диаграмма.
3. Найти число отличных от нуля компонент амплитуды немагнитного резонансного диполь-дипольного рассеяния рентгеновского излучения для атома, окружаение которого имеет симметрию 4m.

Билет № 6
1. 1. Нелинейная поляризация в среде с кубичной нелинейностью. Самовозвратление света.
2. 2. Динамические характеристики светодиодов. Время нарастания и спада сигналов, частота по уровню 3дБ и полоса пропускания в теории линейных цепей. Время нарастания и спада оптического сигнала при большой и малой емкости светодиодов. Уход носителей из активной области. Время жизни носителей и частота по уровню 3 дБ.
3. 3. Излучение представляет собой набор большого числа пугов волн, имеющих вид: \( E(t) = E_0 \sin(\omega_0 t + \varphi / 2) \). Начальная фаза \( \varphi \) распределена равномерно на отрезке \([0, 2\pi]\). Найти спектр мощности излучения. Энергию инжекции принять равной 440 МэВ/нуклон.

Билет № 7
1. Влияние температуры активной области полупроводникового кристалла на спектральные характеристики светодиода. Зависимость длины волны в максимуме спектра излучения и его положения от температуры р-п перехода. Определение температуры носителей по наклону спектральной характеристики в области высоких энергий.
2. Формирование спекл-полей при взаимодействии света с диффузными объектами. Физическая природа спеклов и их размеры. Спекл-интерферометрия.
3. Чему равна когерентная длина генерации второй гармоники излучения рубинового лазера с длиной волны 694,3 нм в нелинейной среде с показателями преломления, равными 1,584 на длине волны 347,2 нм и 1,562 на длине волны основного излучения?

Билет № 8
1. Дифракционные оптические элементы. Использование принципов адаптивной оптики при фокусировке излучения.
2. Принцип работы и структура волоконно-оптических систем связи. Принципы увеличения скорости передачи информации: временное и спектральное мультиплексирование.
3. Оценить, во сколько раз амплитуда магнитного нерезонансного рассеяния синхротронного излучения для энергии 10 кэВ отличается от атомной амплитуды рассеяния.
Билет № 9
1. Моды свободного пространства. Параболическое приближение. Свойства основной моды и мод высших порядков.
2. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР) в средах с кубической нелинейностью. Порог возбуждения ВКР. Стоксовы и антистоксовы компоненты ВКР.
3. Мнимая часть диэлектрической проницаемости модельной системы $\varepsilon_r(\eta \omega)$ равна нулю везде, кроме области энергий фотонов от 4 до 8 эВ, в которой $\varepsilon_r(\eta \omega)=2$. Найти коэффициент преломления системы в далекой инфракрасной области.

Билет № 10
1. Методы линейного и кругового рентгеновского дихроизма и их применение для исследования магнитных структур.
2. Временная и пространственная когерентность. Комплексная степень когерентности света. Теорема Ван Циттерта-Цернике. Звездный интерферометр Майкельсона.
3. InP - прямозонный полупроводник. Его ширина запрещенной зоны при комнатной температуре составляет 1,35 эВ. Коэффициент поглощения при 775 нм равен 3,5x106 м-1. Рассчитайте пропускание плоскоперпендикулярного образца толщиной 1 мкм на длине волны 620 нм, отражением можно пренебречь (просветляющее покрытие с обеих сторон).

Билет № 11
1. Требуемый OSNR приемо-передающей системы. Методика измерения требуемого OSNR приемо-передающей системы. Дальность работы однопролетной и многопролетной линии связи в линейном режиме.
2. Статистика фототечетов в случайном световом поле. Функция распределения фототечетов. Формула Манделя.
3. Определить апертуру светодиода при вводе его излучения в оптоволокно при помощи линзы. Диаметр круговой излучательной области светодиода равен D = 20 мкм, числовая апертура квазипараллельной оптоволокна равна NA=0,2, диаметр сердцевины оптоволокна l=62,5 мкм. Оценить мощность излучения вводимого в оптоволокно, если мощность светодиода равна P = 1 мВт.

Билет № 12
1. Особенности распространения света в круглыхволоконных световодах в линейном режиме.
2. Детерминированный хаос в оптических системах. Природа детерминированного хаоса и методы его описания. Странные аттракторы.
3. Линия поглощения дефекта в кристалле при комнатной температуре имеет гауссову форму с шириной на полуамплитуде 0,3 эВ. Какую ширину будет иметь линия поглощения того же дефекта при температуре 300°C, если энергия продольного оптического фона 10 мэВ?
Билет № 13
1. В методе фотоэлектронной спектроскопии, что позволяют исследовать CIS (Constant Initial State) и CFS (Constant Final State) спектры? Какие источники возбуждения необходимы для реализации этих методик?
2. Особенности возбуждения нелинейных эффектов в волоконных световодах.
3. Какова пороговая интенсивность излучения лазерного пучка для возбуждения первой стоксовой компоненты выпущенного комбинационного рассеяния в жидким азоте (удельный коэффициент усиления ВКР b = 0,02 МВт-1 х см) при длине нелинейной среды l = 5 см.

Билет № 14
1. Дефекты в твердых телах. Спектры поглощения и люминесценции с учетом электрон-фононного взаимодействия.
2. Какие процессы определяют световой выход сцинтилятора при высокоэнергетическом возбуждении?
3. Найти ширину полосы пропускания светодиода $\Delta f = 3 \text{ДБ}$. Считать, что $|H_{LED}(2\pi f_{3dB})| = \frac{1}{2} \cdot \tau_{rise} = \tau_{fall} = \ln(9) \cdot \tau = 2,2 \tau$
Определить полосу пропускания светодиода со временем нарастания сигнала $\tau_{rise} = 1,75 \text{нс}.$

Билет № 15
1. Рассеяние рентгеновского излучения свободным электроном, атомом. Атомный и структурный факторы.
2. Принцип работы и структура волоконно-оптических систем связи. Принципы увеличения скорости передачи информации: временное и спектральное мультиплексирование.
3. На рисунке представлен фотоэлектронный спектр германия, на поверхности которого образовалась пленка GeO. Объясните, почему соотношение пиков, соответствующих Ge0 и Ge2+, различается для 2p и 3d пиков.