# ***Программа вступительного экзамена по направлению подготовки 11.06.01«Электроника, радиотехника и системы связи»***

**Целью** вступительного испытания является оценка уровня освоения поступающим компетенций, необходимых для обучения по направлению ***«Электроника, радиотехника и системы связи»***по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

**Программы вступительных испытаний при приеме на обучение в аспирантуре формируются** на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (СУОС Университета ИТМО) по программам специалитета или магистратуры.

**Форма вступительного испытания:** устно-письменная

**Форма вступительного испытания с использованием дистанционных технологий:** тест, устно-письменная

**Продолжительность** проведения вступительного испытания. Продолжительность вступительного испытания - не более 90 минут.

**Критерии оценивания:** “неудовлетворительно”, “Удовлетворительно”, “Хорошо”, “Отлично”

**Минимальный проходной балл,** подтверждающий успешное прохождение вступительных испытаний: оценка “удовлетворительно”.

**Перечень принадлежностей**, которые поступающий имеет право пронести в аудиторию во время проведения вступительного испытания: письменные принадлежности, непрограммируемый калькулятор.

# **Профиль подготовки 05.27.03 «Квантовая электроника»**

1. Тепловая модель - основа современных представлений о силовом лазерном воздействии на вещество. Качественная схема механизмов и последовательности процессов поглощения света и перехода поглощенной энергии в тепло.
2. Лазерная резка. Особенности физических процессов резки и разделения материалов, процессы газификации и уноса различных материалов, управляемое термораскалывание. Лазерные установки для резки, разделения и скрайбирования различных материалов.
3. Основные механизмы оптического поглощения в полупроводниках; механизмы и последовательность передачи энергии. Особенности межзонного поглощения. Внутризонное поглощение света. Кинетика фотовозбуждения полупроводника лазерным излучением. Влияние диффузионно-рекомбинационных процессов.
4. Газолазерная резка (ГЛР), общая схема процессов. Основные сферы использования ГЛР в авиа– и автопромышленности, при изготовлении оснастки и инструмента, в деревообработке и изготовлении рекламы и т.п.
5. Основные свойства поверхностных электромагнитных волн (ПЭВ), структура и распределение полей. Методы возбуждения ПЭВ. Эффективность возбуждения ПЭВ на решетке и шероховатой поверхности.
6. Лазерная сварка и ее сравнение с другими видами соединения материалов. Методика анализа процессов лазерной сварки. Металлургические аспекты сварки.
7. Общая характеристика нагревания лазерным излучением. Тепловые эффекты в конденсированных средах. Основные особенности температурной кинетики при лазерном воздействии. Теплопроводные механизмы отвода тепла. Уравнение теплопроводности; начальное и граничные условия.
8. Основные предпосылки и особенности термоупрочнения материалов лазерным излучением. Физические основы процесса лазерного упрочнения. Виды лазерного упрочнения: в твердой фазе, с переплавом материала, с механическим воздействием импульса отдачи.
9. Термические эффекты, сопровождающие лазерный нагрев. Термомеханические эффекты; фазовые переходы в твердом состоянии; диффузионно-химические явления; эмиссионные процессы. Лазерное плавление поверхности.
10. Термохимическая обработка поверхности: микролегирование, аморфизация. Лазерная микрометаллургия.
11. Нелинейные режимы лазерного нагрева. Обратные связи между оптическими и фотофизическими процессами при лазерном нагревании металлов и полупроводников.
12. Методы трехмерного лазерного синтеза - стереолитография, синтез из порошков и послойная сборка из плоских слоев. Перспективы трехмерного синтеза. Основные сферы применения трехмерного синтеза — проектирование, моделирование, изготовление оснастки и деталей.
13. Линейные режимы лазерного нагрева. Критериальные параметры и основные закономерности. Особенности нагревания материала световым пятном конечного размера. Общая характеристика лазерных линейных режимов разогрева при отсутствии теплообмена, одномерном, двумерном и трехмерном теплопроводном оттоке тепла.
14. Общая характеристика трехмерного лазерного синтеза. Его основные особенности: прямое преобразование трехмерного компьютерного образа в материальный объект. Базовая схема процесса.
15. Общая характеристика механизмов лазерного разрушения. Механическое низкотемпературное разрушение хрупких материалов. Химические механизмы разрушения. Высокотемпературные механизмы с участием испарения. Лазерное испарение. Теплофизика перехода от нагрева к испарению. Вытеснение расплава избыточным давлением паров из лунки. Гидродинамический механизм лазерного разрушения.
16. Основные сферы применения лазеров для обработки пленок. Подгонка параметров пленочных элементов – резисторов, конденсаторов, кварцевых резонаторов, СВЧ–интегральных схем и т.п.
17. Взаимодействие излучения с инверсной средой. Условия усиления электромагнитных волн в идеальной среде.
18. Режимы работы лазеров. Особенности основных режимов. Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора. Режим синхронизации мод.
19. Закон Бугера для нормальной и инверсной сред. Ненасыщенный показатель усиления, зависимость его от частоты.
20. Твердотельные лазеры. Системы оптической накачки. Твердотельные лазеры с накачкой лазерными диодами
21. Усиление света в реальной среде. Коэффициент потерь. Активная часть контура усиления.
22. Активные среды твердотельных лазеров. Трехуровневые и четырехуровневые лазеры. Перестраиваемые твердотельные лазеры
23. Способы получения инвертированных сред. Общие принципы создания инверсии. Методы заселения и расселения уровней.
24. Твердотельные микролазеры и волоконные лазеры.
25. Поперечная и продольная релаксации возбужденных атомов. Однородное и неоднородное уширение спектральных линий.
26. Способы управления длиной волны лазерного излучения. Модуляция и отклонение лазерного излучения.
27. Ширина и контур спектральных линий. Естественная ширина линий. Факторы, влияющие на уширение линий
28. Способы получения одномодового и одночастотного излучения Схемы и устройства селекции продольных и поперечных мод лазерного излучения.
29. Взаимодействие излучения с инверсной средой. Энергетические уровни атомов, ионов и молекул. Оптические и неоптические переходы. Вероятности и скорости оптических переходов.
30. Устройства и элементы вывода излучения из резонатора лазера. Полупрозрачные зеркала. Элемент с отверстием связи. Вывод излучения через края одного из отражателей.

**Профиль подготовки 05.12.07 «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»**

**1.Основы технической электродинамики**

1.1. Уравнения максвелла в основных формах. Материальные уравнения. Комплексная форма уравнений Максвелла. Граничные условия. Плоские волны. Локальное приближение плоской волны для произвольного волнового фронта.

1.2. Лемма Лоренца. Теорема взаимности. Взаимные и невзаимные среды. Примеры невзаимных устройств.

1.3. Электромагнитные потенциалы уравнения Гельмгольца: скалярный и векторный потенциалы. Векторы Герца. Принцип двойственности для уравнений Максвелла.

1.4. Элементарные электромагнитные излучатели: электрический и магнитный диполи, элемент Гюйгенса и их свойства.

**2.Длинные линии**

2.1. Телеграфные уравнения для многопроводных и двухпроводных линий передачи, их вывод и решение. Распространение волны в линии передачи. Линия из двух проводов и ее основные свойства: постоянные распространения и затухания, характеристическое сопротивление, частотная дисперсия.

2.2. Режимы распространения волн в линиях передачи: режим бегущей волны, отражение в линиях передачи, стоячие волны. КСВ и коэффициент отражения.

2.3. Входное сопротивление линии передачи в произвольном сечении. Отрезки линий передачи и шлейфы и их применение в цепях СВЧ. Диаграмма Вольперта-Смита. Согласование импеданса.

**3.Основы теории антенн**

3.1. Проволочные антенны. Полуволновый вибратор. Диаграмма направленности. Сопротивление излучения. Эквивалентная схема Щелкунова.

3.2. Интегральное уравнение для тока на антенне. Вывод уравнения Поклингтона. Уравнение Галлена.

3.3. Метод наведенных ЭДС. Расчет собственного и взаимного импеданса связанных полуволновых вибраторов.

3.4. Антенные решетки. Теорема перемножения. Плоская периодическая антенная решетка с прямоугольной ячейкой. Диаграмма направленности одиночной цепочки элементов: основной и боковые максимумы, сканирование, дифракционные максимумы.

3.5. Излучение из произвольной апертуры в экране в приближении Киргхофа. Прямоугольная апертура. Круглая апертура. Максимальный коэффициент направленного действия апертурной антенны и условия его достижения.

3.6. Рупорные антенны. Диаграмма направленности пирамидального рупора. Коэффициент направленного действия и коэффициент использования поверхности апертуры. Оптимальный рупор.

3.7. Зеркальные антенны. Основные принципы построения параболических антенн. Коэффициент усиления и коэффициент использования поверхности апертуры зеркальных антенн. Механическое сканирования путем перемещения облучателя.

3.8. Микрополосковые (печатные) антенны. Основная мода прямоугольного полоскового резонатора. Диаграмма направленности прямоугольной полосковой антенны. Схемы питания полосковых антенн с линейной круговой поляризацией.

3.9. Расчет шумов в линейных цепях. Эргодические случайные процессы. Тепловой шум, формула Найквиста. Расчет отношения сигнал/шум в радиоканале. Шумовая температура приемной антенны.

**4.СВЧ устройства**

4.1. Аналогия между волноводом и длинной линией. Неоднородности в волноводе. Соединения волноводов. Методы расчета волноводных неоднородностей. Эквивалентные схемы волноводных устройств.

4.2. Матрица рассеяния, ее свойства. Трехплечное взаимное сочленение без потерь. Возможность согласования такого сочленения со всех входов. Четырехплечные сочленения. Матрица передачи.

4.3. Устройства СВЧ: нагрузка, аттенюатор, фазовращатель, направленный ответвитель, диодная секция. Объемные резонаторы. Собственная и нагруженная добротность резонатора.

4.4. Свойства и основные параметры ферритов на СВЧ. Тензор магнитной проницаемости намагниченного феррита. Невзаимные устройства, содержащие ферриты. Типы ферритовых вентилей и принципы их действия. Электрически управляемые элементы тракта: коммутаторы, Y-циркуляторы, фазовращатели.

4.5. Особенности движения электронов в СВЧ поле. Устройство и принцип действия усилителей и генераторов СВЧ: пролетного клистрона, отражательного клистрона, ЛБВ, ЛОВ, магнетрона. Эффект Ганна. Генератор на диоде Ганна.

**Рекомендованная литература для профиля 05.12.07 «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»**

* + - 1. Сазонов, Дмитрий Михайлович. Антенны и устройства СВЧ : [учебник для вузов по специальности "Радиотехника"] .— М. : Высшая школа, 1988 .— 432 с. : ил. — Библиогр.: с. 426 .— Предм. указ.: с. 427-428.
      2. Нефедов, Евгений Иванович. Устройства СВЧ и антенны / Е. И. Нефедов .— М. : Издательский центр "Академия", 2009 .— 375, [1] с. : ил.
      3. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн / Г. А. Ерохин [и др.] ; под ред. Г. А. Ерохина, М. : Горячая линия - Телеком, 2007 .— 492 с. : ил.
      4. Электродинамика и распространение радиоволн / Муромцев Д.Ю., Зырянов Ю.Т., Федюнин П.А., Белоусов О.А. — Москва : Лань", 2014
      5. А. Д. Григорьев Электродинамика и микроволновая техника — Москва : Лань", 2007, - 708 с.
      6. Белоус Анатолий Иванович. СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи : техническая энциклопедия : в 2 кн. Кн. 1 / Белоус А.И., Мерданов Мердан Казимагомедович, Шведов Сергей Васильевич. — М. : Техносфера, 2016. — 685 с. : ил.
      7. Зайцев, Эрнст Федорович. Флуктуационные колебания в радиофизике [Текст] : учеб. пособие / Э. Ф. Зайцев ; Ленингр. гос. техн. ун-т. - Ленинград : ЛГТУ, 1990. - 78 с. - Библиогр.: с. 76. - 0.20 р.