

Министерство образования и науки Российской Федерации

ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

05.27.03 «Квантовая электроника»

по физико-математическим и техническим наукам

Программа-минимум
содержит 7 стр.

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: "Электродинамика", "Квантовая механика", "Физическая оптика", "Физика твердого тела", "Физика полупроводников и диэлектриков", "Квантовая электроника", "Оптоэлектроника", "Лазерная техника".

Программа разработана экспертным советом по электронике, измерительной технике, радиотехнике и связи Высшей аттестационной комиссии Минобразования России при участии Федерального государственного предприятия НИИ «Полюс» имени М.Ф.Стельмаха и Московского физико-технического института (государственного университета).

1. Предмет квантовой электроники

Предмет и краткая история развития квантовой электроники. Вклад отечественных ученых в разработку фундаментальных основ и принципов устройств квантовой электроники. Влияние квантовой электроники на развитие науки, техники и технологии.

2. Физические основы квантовой электроники

Оптические и безызлучательные переходы в квантовых системах. Спонтанное и вынужденное излучения. Энергетические состояния и квантовые переходы в атомных системах: атомные, молекулярные и ионные газы, ионы, центры окраски и красители в диэлектрических средах, оптические переходы в полупроводниках. Ширина и форма спектральных линий. Механизмы однородного и неоднородного уширения линий в газах и твердых телах, времена поперечной и продольной релаксаций. Инверсия населенностей энергетических состояний. Коэффициент усиления лазерной среды. Принципы создания инверсной населенности. Насыщение, поглощение и усиление света. Искажения контуров спектральных линий, эффект "выжигания дыр" в неоднородно уширенных линиях.

3. Квантовые усилители и генераторы (мазеры, лазеры)

Мазер на пучке молекул аммиака. Квантовый парамагнитный усилитель СВЧ.

Газовые лазеры: газоразрядные (атомные, ионные, молекулярные, на парах металлов), фотодиссоционные, химические, газодинамические, электроионизационные, эксимерные. Особенности кольцевых газовых лазеров.

Лазеры на твердых активных средах - стеклах, кристаллах, активированных волоконных материалах. Лазеры на кристаллах семейства гранатов с неодимом.

Полупроводниковые инжекционные лазеры, лазеры на гетероструктурах, лазеры на квантово-размерных структурах.

Лазерные усилители (бегущей волны, многопроходовые).

Преобразователи частоты излучения и перестраиваемые лазеры: генераторы оптических гармоник, суммарных и разностных частот; лазеры на растворах органических соединений (красителей); комбинационные преобразователи и лазеры (на ВКР); параметрические усилители и генераторы света; перестраиваемые полупроводниковые лазеры; лазеры на F -центрах. Лазеры на свободных электронах.

3. Резонаторы

Объемные резонаторы СВЧ. Оптические резонаторы; основные типы открытых резонаторов: плоскопараллельные, конфокальные, устойчивые, неустойчивые, кольцевые. Типы колебаний, собственные частоты, добротность оптических резонаторов. Методы селекций продольных и поперечных типов колебаний. Пространственные и угловые характеристики излучения лазеров.

4. Динамика излучения лазеров

Активные среды с однородно-уширенной линией, кинетические уравнения, уравнения переноса. Анализ кинетики одномодового генератора. Взаимодействие различных типов колебаний. Роль насыщения и

неоднородности накачки. Конкуренция мод, многомодовый режим. Пички в лазерах. Динамика полупроводниковых лазеров и газовых лазеров с доплеровской линией. Шумы излучения. Методы стабилизации интенсивности и частоты излучения лазеров.

5. Генерация коротких и сверхкоротких импульсов и методы управления параметрами излучения лазеров

Модуляция добротности. Время нарастания и длительность импульса генерации. Электрооптические, магнитооптические, оптико-механические, акустооптические и другие модуляторы добротности. Просветляющиеся фильтры. Генерация серии импульсов. Метод синхронизации мод, полоса синхронизации и параметры импульсов. Управление параметрами импульсов, схемы модуляции добротности. Методы генерации сверхкоротких (фемтосекундных) импульсов света.

7. Основные нелинейные эффекты в различных средах и их применение

Преобразование частоты лазерного излучения, генерация гармоник и комбинационных частот, параметрическое усиление и параметрическая генерация света. Вынужденные рассеяния: Мандельштама-Бриллюена (ВРМБ), комбинационное (рамановское, ВКР), Рэлеевское. Самофокусировка. Оптический пробой в газах и твердых телах. Оптическая прочность (поверхностная и объемная) элементов лазера. Обращение волнового фронта методами нелинейной оптики. Активная спектроскопия комбинационного рассеяния.

8. Основные лазерные параметры и методы их измерения

Мощность (непрерывная, импульсная, средняя) лазерного излучения, энергия импульса излучения. Распределение излучения в ближней и дальней зонах, угловая расходимость. Когерентность (пространственная, временная). Поляризация, спектр мод резонатора (продольные и поперечные моды). Стабильность (кратковременная и долговременная, амплитудная и

частотная). Шумы излучения, параметры модуляции лазеров. Методы измерения перечисленных параметров лазерного излучения.

9. Устройства для управления параметрами лазерного излучения

Лазерные затворы. Дефлекторы и модуляторы лазерного излучения. Ячейки Керра, Поккельса, Фарадея, акустооптические. Принцип работы, методы расчета, синхронизация внешним сигналом. Пространственно-временные модуляторы света. Адаптивные зеркала. Оптические, в т.ч. управляемые фильтры.

10. Источники накачки и питания лазеров различных типов

Источники питания твердотельных лазеров. Импульсные и непрерывные лампы накачки (типы, предельные и типовые мощности, методы поджига); разрядники (вакуумные, высокого давления, воздушные); методы управления и синхронизации. Источники питания газоразрядных лазеров. Методы предионизации. Электроионизационный метод (принцип, требования к электронному пучку, системе питания). Электроразрядные высокопоточные источники накачки (принцип работы, условия применимости). ВЧ-накачка газовых лазеров. Особенности источников питания инжекционных полупроводниковых лазеров. Накачка твердотельных лазеров световыми и лазерными полупроводниковыми диодами.

11. Основы технологии лазерных материалов

Методы получения и обработки активных лазерных стекол и кристаллов. Методы выращивания и обработки нелинейно-оптических, электрооптических и акустооптических кристаллов. Технологические принципы создания сложных полупроводниковых и оптических структур (методы вакуумного напыления, эпитаксии, ионной имплантации и др.). Методы очистки газовых активных сред.

12. Принципы конструкции лазеров

Выбор оптической схемы, типа резонатора, оптических развязок, материалов (пропускание, однородность, оптическая плотность, точность обработки), элементов управления. Выбор источников накачки и параметров системы питания. Обеспечение вибро- и удароустойчивости. Конструктивные принципы стабилизации основных параметров и обеспечения работы лазера в широком диапазоне температур. Системы теплоотвода и охлаждения активных элементов.

13. Основные применения приборов квантовой электроники в науке и технике.

Оптические методы записи, воспроизведения, хранения и обработки информации. Оптическая, в т.ч. волоконная, связь. Оптическая локация и лазерная дальнометрия. Лазерная технология и обработка материалов. Дистанционное зондирование окружающей среды. Лазерная медицина. Голография, интерферометрия. Спектроскопия. Лазерная гироскопия. Стандарты частоты. Управляемый лазерный термоядерный синтез. Лазерная химия. Метрология, измерительная техника.

Рекомендуемая основная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. - М.: Наука, 1982.
2. Звелто О. Принципы лазеров. - М.: Мир. 1990
3. Тарасов Л.В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. - М.: Радио и связь. 1981.
4. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. - М.: Наука, ГРФМЛ. 1988.
5. Зверев Г.М., Голяев Ю.Д. Лазеры на кристаллах и их применение. - М.: Радио и связь. 1994.
6. Коротеев Н.И., Шумай И.Л. Физика мощного лазерного излучения. - М.: Наука, 1991.

7. Елисеев П.Г. Введение в физику инжекционных лазеров. - М.: Наука. 1983.
8. Херман И., Вильгельм Б. Лазеры сверхкоротких световых импульсов.
9. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки. - М.: Наука, 1990.
10. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. - М.: Наука, 1989.
11. Измерение энергетических параметров и характеристик лазерного излучения. Под редакцией А.Ф.Котюка. - М.: Радио и связь. 1981.
12. Магдич Л.Н., Молчанов В.Д. Акустооптические устройства и их применение. - М.: Советское радио. 1978.
13. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика. - М.: Радио и связь. 1982.
14. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. Учебник. М.: Высшая школа, 2001.

Дополнительная литература

1. Методы расчета оптических квантовых генераторов (под ред. акад. Б.И.Степанова) в двух томах. - Минск: Наука и Техника, 1968.
2. Лоундон Р. Квантовая теория света. - М.: Мир. 1976.
3. Сигмен А. Мазеры. - М.: Мир. 1966.
4. Ярив А. Введение в оптическую электронику. - М.: Высшая школа. 1983.
5. Физика полупроводниковых лазеров. Под редакцией Х.Тукумы. - М.: 1989.
6. Применение лазеров. Под редакцией В.П.Тычинского. - М.: Мир. 1977.
7. Справочник по лазерам в 2-х томах. Под редакцией А.М.Прохорова. - М.: Сов. радио. 1978.
8. Гурздян Г.Г., Дмитриев В.Г., Никогосян Д.Н. Справочник. Нелинейные оптические кристаллы. - М.: Радио и связь. 1991.