



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

**«Институт автоматики и процессов управления**

**Дальневосточного отделения Российской академии наук»**

**(ИАПУ ДВО РАН)**

**«СОГЛАСОВАНО»**

Зам. директора по научно-  
образовательной и инновационной  
деятельности, д.ф.-м.н.

Н.Г. Галкин

«14» августа 2014 г.

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Директор ИАПУ ДВО РАН  
академик

Ю.Н. Кульчин

«14» августа 2014 г.

**ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научно-  
педагогических кадров в аспирантуре

**Лазерная физика**

**Направление подготовки 03.06.01 – «Физика и астрономия»,  
профиль «Лазерная физика»**

**Форма подготовки (очная)**

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК)  
ИАПУ ДВО РАН

Программа государственного экзамена составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 867

Программа государственного экзамена обсуждена на заседании МК ПКВК,  
протокол № 1 от «14» августа 2014 г.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., профессор Н.Г. Галкин

Составители: д-р физ.-мат. наук, профессор О.Б. Витрик, канд. физ.-мат. наук А.В. Дышлюк

**Оборотная сторона титульного листа программы**

**I. Программа государственного экзамена пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол № от «    »                      20    г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Н.Г. Галкин  
(подпись)

**II. Программа государственного экзамена пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол № от «    »                      20    г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Н.Г. Галкин  
(подпись)

## АННОТАЦИЯ

Программа государственного экзамена по специальной дисциплине «Лазерная физика» предназначена для обучающихся по образовательной программе высшего образования - программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 03.06.01 – «Физика и астрономия», профиль «Лазерная физика».

Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 03.06.01 – «Физика и астрономия», Типовой программы кандидатского экзамена по специальности, утвержденной приказом Минобрнауки России от 8 октября 2007 г. № 274 и рабочей программы учебной дисциплины «Лазерная физика» образовательной программы аспирантуры по направлению 03.06.01 – «Физика и астрономия», профилю «Лазерная физика», разработанной в федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Государственный экзамен проводится в форме устного опроса.

Программа государственного экзамена включает в себя:

- аннотацию;
- содержание государственного экзамена;
- вопросы к государственному экзамену;
- список рекомендуемой литературы и источников.

# **I. СОДЕРЖАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

## **1. Основные понятия нелинейной оптики**

Условия нелинейно-оптического взаимодействия света с веществом. Основные виды нелинейно-оптических эффектов. Взаимодействие интенсивных оптических волн с нелинейными средами. Генерация гармоник. Эффект Керра в нелинейной среде. Фазовая самомодуляция. Расширение спектра фемтосекундных импульсов в нелинейных средах. Компрессия лазерных импульсов. Понятие о генерации суперконтинуума. Нелинейные эффекты в оптических волноводах.

**2. Лазеры на основе волоконных световодов.** Принцип работы волоконного лазера. Активные волоконные световоды. Непрерывные и импульсные волоконные лазеры. Дисперсия в волоконных лазерах и методы ее компенсации. Понятие о волоконных лазерах ультракоротких импульсов. Технологические волоконные лазеры. Применение волоконных лазеров для сварки, сверления и обработки материалов.

**3. Современные тенденции в фотонике.** Нелинейная фотоника наноструктурированных сред. Методы лазерного охлаждения, пленения и управления атомами. Фотоника самоорганизующихся природных объектов. Биомиметические технологии в фотонике. Основные принципы динамической голографии. Адаптивные оптические методы мониторинга природных и техногенных объектов.

**4. Основные понятия математической статистики и теории вероятностей.** Случайные величины. Функция распределения вероятности и плотность распределения вероятности. Моменты случайных величин. Дисперсия и среднеквадратичное отклонение. Среднее значение. Характеристическая

функция. Статистически зависимые и независимые случайные величины. Коэффициент корреляции. Понятие о случайных процессах.

#### **5. Основы теории когерентности электромагнитного излучения.**

Временная когерентность электромагнитного излучения. Пространственная когерентность электромагнитного излучения. Основные принципы голографии.

**6. Спеклы в оптике.** Картина рассеяния когерентного света на диффузном объекте. Спеклы, формируемые многомодовыми световодами. Основные характеристики спекловой картины. Трансляция и кипение спеклов. Основные методы обработки случайно-неоднородных спекловых сигналов.

**7. Планарные волноводные структуры.** Распространение света в волноводах с точки зрения геометрической и волновой оптики. Потери в оптически прозрачных диэлектриках. Дисперсия в световодах. Направляемые лучи и моды планарных световодов, их классификация. Основные параметры и функциональные характеристики планарных световодов.

**8. Интегрально-оптические волноводные структуры.** Представление об основных элементах интегральной оптики. Полосковые волноводы. Волноводные линзы. Элементы связи. Мультиплексоры и ответвители. Волноводные переходы и рупоры. Кольцевые и дисковые резонаторы. Основные концепции теории связанных мод. Направленные ответвители. Волноводы с периодической модуляцией параметров. Решёточные элементы связи. Спектральные фильтры. Фотонные кристаллы.

**9. Волоконные световоды.** Цилиндрические оптические волноводы. Ступенчатые и градиентные волоконные световоды. Скалярное приближение и метод линейно поляризованных мод. Границы применимости скалярного

приближения. Векторные моды волоконных световодов. Поляризационные поправки к скалярному приближению.

**10. Волоконно-оптические системы связи.** Цифровые иерархия систем передачи информации. Методы повышения пропускной способности линий оптических линий связи. Частотное уплотнение. Модовое уплотнение. Уплотнение по поляризации. Временное мультиплексирование сигналов. Многоволновое уплотнение оптических несущих (спектральное уплотнение). Принципы построения систем WDM/DWDM. Элементная база. Оптическое кодовое мультиплексирование цифровых потоков. Излучатели и фотоприемники современных волоконно-оптических систем связи. Понятие об оптических элементах современных волоконно-оптических систем связи. Соединители, разветвители, мультиплексоры, коммутаторы, изоляторы. Внешние оптические модуляторы. Оптические усилители.

**11. Электромагнитные волны в металлах.** Уравнения Максвелла и распространение электромагнитных волн. Оптические свойства идеализированных и реальных металлов. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Вклад в диэлектрическую проницаемость свободных и связанных электронов, межзонные переходы. Объемные плазмоны. Поверхностные плазмоны. Методы возбуждения поверхностных плазмонов. Рефрактометрия на основе поверхностного плазмонного резонанса.

**12. Наноантенны.** Дипольные антенны и наноантенны. Электромагнитное поле в ближней и дальней зонах. Квазистатическое приближение для нанообъектов. Нанообъекты в электростатическом поле. Локальный плазмонный резонанс. Основные понятия теории Ми. Плазмонный резонанс для нанообъектов с высоким аспектным отношением. Димерные наноантенны. Наноантенны «галстук-бабочка». Наноантенны сложной формы. Применения наноантенн.

**13. Ближние поля и их применения.** Фокусировка световых полей. Функция рассеяния точки. Предел разрешения оптического микроскопа. Принципы конфокальной микроскопии. Преодоление предела разрешения за счет эванесцентных полей. Дифракция на сверхмалом отверстии. Принципы оптической микроскопии ближнего поля. Апертурные и безапертурные зонды для оптической микроскопии ближнего поля. Методы регистрации ближнепольных сигналов. Предел разрешения оптического микроскопа ближнего поля. Зонды-наноантенны, поддерживающие локальные плазмонные резонансы. Применение оптических микроскопов ближнего поля.

**14. Амплитудные волоконно-оптические датчики.** Датчики абсолютных и относительных перемещений. Оптические методы измерения углового положения. Методы обработки сигналов амплитудных оптических измерительных преобразователей. Методы повышения метрологических характеристик амплитудных волоконно-оптических измерительных преобразователей.

**15. Спектральные волоконно-оптические датчики.** Измерительные преобразователи на основе спектральной модуляции оптических сигналов. Датчики на основе волоконных решеток показателя преломления. Брэгговские и длиннопериодные волоконные решетки. Спектральные датчики на основе интерферометров Фабри-Перо.

**16. Поляризационные волоконно-оптические датчики.** Феноменологическое описание эффектов, связанных с поляризацией оптического излучения. Сфера Пуанкаре. Матричный формализм Мюллера и Джонса. Эффект фотоупругости. Поляризационные датчики на основе эффекта фотоупругости. Методы оптического кодирования. Шумы в поляризационных оптических датчиках. Датчики на основе двулучепреломляющих пластин.

**17. Оптическая интерферометрия.** Оптические интерферометры Майкельсона и Маха-Цендера. Волоконно-оптические интерферометрические датчики. Интерферометр Саньяка. Волоконно-оптические гироскопы. Методы мультиплексирования оптических измерительных преобразователей. Физические принципы, основные особенности и применения адаптивных оптических интерферометров.

## **ВОПРОСЫ К ГОСУДАРСТВЕННОМУ ЭКЗАМЕНУ**

1. Потери излучения в кварце. «Хвосты» УФ и ИК поглощения. Релеевское рассеяние. Примесное поглощение. «Окна» прозрачности.
2. Симметричный планарный волновод (СПВ). Закон Снеллиуса применительно к СПВ. Критический угол. Классификация лучей: направляемые и вытекающие.
3. Устройство ВС со ступенчатым профилем показателя преломления. Особенности закона Снеллиуса применительно к ВС. Классификация лучей: направляемые и вытекающие меридианальные и косые, туннелирующие лучи.
4. Время распространения луча в ВС. Уширение импульсов. Лучевая дисперсия. Слабонаправляющие ВС.
5. Градиентные ВС. Лучи в градиентных ВС. Оптимальный профиль показателя преломления.
6. Волновые параметры направляемых лучей. Постоянная распространения. Поперечные фазовые параметры. Приведенная частота волновода.
7. Фазовая и групповая скорость распространения луча. Материальная и волноводная дисперсия в одномодовых световодах. Область «нулевой» материальной дисперсии в кварце. ВС с «нулевой», «положительной» и «отрицательной» материальной дисперсией. ВС со «смещенной» дисперсией.
8. Технология изготовления ВС. Контроль качества волоконных световодов.
9. Модовый анализ регулярных ВС.
10. Границы применимости лучевого подхода. Физическая картина возникновения



мод.

11. Скалярное приближение для слабонаправляющих волноводов. ТЕМ и LP моды. Граничные условия.

12. Решение скалярного волнового уравнения для СПВ. Четные и нечетные моды. Характеристическое уравнение и его графическое решение. Диапазон изменения фазовых параметров мод и частота отсечки ТЕМ моды. Диапазон одномодового режима. Число ТЕМ мод.

13. Ортогональности и нормировка ТЕМ мод. Разложение направляемых волн по ТЕМ модам в СПВ. Мощность моды. Часть мощности в сердцевине.

14. Решение скалярного волнового уравнения для ВС. Типы LP мод. Характеристическое уравнение и свойства его решений. Диапазон изменения фазовых параметров мод и частота отсечки LP моды. Диапазон одномодового режима.

15. Аксиальная и радиальная структура LP мод - распределение поляризации и интенсивности. Основная мода ВС Моды высокого и низкого порядков. Вырождение LP моды и количество вырожденных мод. Общее число LP мод в ВС.

16. Ортогональности и нормировка LP мод. Разложение направляемых волн по LP волнам в ВС. Мощность моды. Часть мощности в сердцевине. Межмодовая интерференция и спекл-структура картины межмодовой интерференции на выходе многомодового ВС

17. Гибридный характер мод реального ВС. Особенности EH и HE мод. Поляризационные поправки к скалярным постоянным распространения для EH и HE мод. Интерференция LP мод одного порядка. О применимости приближения LP мод для описания светового поля в ВС.

18. Возмущения ВС. Возмущения как отклонения от идеального профиля показателя преломления (ППП). ППП при наличии неоднородностей, изменении радиуса сердцевины и изгибах ВС.

19. Поправка к постоянной распространения направляемых мод в возмущенном ВС.

20. Теория связанных мод. Коэффициенты связи при различных типах неоднородности ВС.

21. Условия сильной и слабой связи мод. Сравнение с лучевым подходом
22. Макроизгиб ВС. Эквивалентный профиль показателя преломления изогнутого ВС. Коэффициенты связи и связанные моды изогнутого ВС.
23. Метод итераций для решения уравнение связанных мод в случае слабой связи
24. Сильная связь мод. Решение уравнения связанных мод в случае сильной связи.
25. Случайные величины. Непрерывные и дискретные распределения случайных величин. Относительная частота событий и вероятность. Функция и плотность распределения. Моменты распределений случайных величин. Среднее значение. Дисперсия и среднеквадратичное отклонение (СКО). Моменты высших порядков.
26. Характеристическая (спектральная) функция для случайных величин. Разложение характеристической функции в ряд по моментам распределений случайных величин.
27. Плотность распределения преобразованных случайных величин.
28. Совместное распределение двух и более случайных величин. Зависимые и независимые случайные величины. Смешанные моменты случайных величин.
29. Ковариация случайных величин. Коэффициент корреляции как мера линейной зависимости случайных величин.
30. Плотность распределения для суммы двух зависимых и независимых случайных величин. Плотность распределения для суммы двух величин, распределенных по экспоненциальному закону (задача об распределении интенсивности в спекловом поле, сформированном когерентным излучением с эллиптической и круговой поляризациями).
31. Плотность распределения для произведения и частного двух зависимых и независимых случайных величин.
32. Гауссовские случайные величины. Одномерная плотность распределения для гауссовской случайной величины. Совместная плотность распределения двух зависимых гауссовских случайных величин с одинаковым СКО. Признак независимости для гауссовских случайных величин.

33. Плотность распределения для суммы случайных фазоров. Средние значения и коэффициент корреляции для случайных фазоров. Распределение амплитуды случайно-неоднородного когерентного светового поля. Распределение интенсивности случайно-неоднородного когерентного светового поля.
34. Распределение интенсивности случайно-неоднородного квазикогерентного светового поля.
35. Случайные процессы. Стационарные в широком и узком смысле случайные процессы. Среднее по времени и среднее по ансамблю. Эргодические процессы. Моменты эргодических процессов.
36. Спектральный анализ случайных процессов. Спектральные плотности энергии и мощности случайных процессов.
37. Взаимные корреляционные функции случайных процессов. Автокорреляционные функции случайных процессов
38. Корреляционные и автокорреляционные функция стационарных случайных процессов. Теорема Виннера-Хинчина.
39. Временная когерентность оптических волн.
40. Пространственная когерентность оптических волн. Теорема Ван Циттерта Цернике
41. Спектральная чистота источника.
42. Случайные оптические поля и их основные свойства. Спекловое поле, создаваемое диффузным объектом, пространственное распределение амплитуд и интенсивностей в спекловом поле. Средняя интенсивность. Статистика интенсивностей спеклов. Оценка размера спекла. Спеклы наблюдаемые при смещении диффузного объекта в поперечном направлении. Корреляционная обработка случайно-неоднородных оптических полей.
43. Метод двухэкспозиционной регистрации спекл полей диффузных объектов. Формирование интерференционных полос при освещении записанной фотопластинки плоской волной. Спекл-интерферометрия. Измерение поперечных сдвигов.

44. Корреляционная спекл-интерферометрия. Формирование «полос корреляции».
45. Спекловое поле, создаваемое диффузным объектом, и корреляционные свойства интенсивностей.
46. Корреляция интенсивностей в спекловом поле, созданном диффузным объектом в случае освещения источником с равномерным распределением интенсивности по световому пятну.
47. Корреляция интенсивностей в спекловом поле, созданном диффузным объектом в случае освещения источником с гауссовым распределением интенсивности по световому пятну.
48. Спекловое поле, создаваемое многомодовым волоконным световодом, распределение амплитуд и интенсивностей в спекловом поле. Корреляция интенсивностей в спекловом поле, созданном многомодовым волоконным световодом.
49. Дайте определение физических процессов приводящих к образованию филамента в среде.
50. Охарактеризуйте спектр излучения лазерного филамента и объясните, от чего он зависит.
51. Что служит причиной возникновения конической эмиссии излучения при филаментации?
52. Приведите примеры, где может использоваться излучение суперконтинуума возникающее при филаментации лазерных импульсов.
53. Дайте определение фотонного кристалла.
54. Какие процессы приводят к образованию запрещенных состояний для фотонов в фотонных кристаллах?
55. Дайте определение дефекта в фотонном кристалле. Приведите примеры использования дефектов в фотонных кристаллах.
56. Дайте классификацию фотонно-кристаллических волоконных световодов и поясните изменением каких их параметров можно изменять их световедущие и дисперсионные характеристики

57. Каким типом нелинейности определяются нелинейно-оптические свойства волоконных световодов?
58. Что служит причиной волноводного усиления эффективности нелинейно-оптических процессов в волоконных световодах?
59. К каким эффектам приводит процесс фазовой самомодуляции импульсного излучения в волоконных световодах?
60. Какие нелинейно-оптические процессы наблюдаются в волоконных световодах?
61. Охарактеризуйте зависимость спектральных изменений в распространяющемся по волоконному световоду лазерном импульсе от дисперсионных параметров световода.
62. Как влияют дисперсионные свойства микроструктурированных фотонно-кристаллических волоконных световодах?
63. Охарактеризуйте принципы, заложенные в основу работы волоконных лазеров. Приведите примеры конструкций волоконных лазеров и какие легирующие примеси используются для активирования материала сердцевины волоконного световода?
64. Объясните принцип работы волоконного ВКР-лазера. Какие типы волоконных ВКР – лазеров Вы знаете?
65. Какие методы используются для получения импульсного излучения волоконных лазеров?
66. Какие методы используются для компенсации дисперсионного увеличения длительности импульсов в волоконных лазерах?
67. Объясните, как можно получить ультракороткие мощные импульсы в волоконных лазерах.
68. Какие процессы называются природной биоминерализацией и чем они определяются?
69. Что обуславливает фотонно-кристаллические свойства спикул морских стеклянных губок?
70. Как называются технологии копирующие процессы в живой Природе и

каковы их возможности?

71. Что такое динамическая голография? Какими физическими процессами она определяется и где может быть использована?

72. Волоконно-оптические измерительные преобразователи на основе измерения интенсивности и интерферометров Фабри-Перо.

73. Многомодовые датчики на основе интерферометров Фабри-Перо: история развития, принципы работы, конструкция, методы считывания сигнала. Одномодовые датчики на основе интерферометров Фабри-Перо. Варианты считывающих устройств.

75. Многомодовые дифракционные волоконно-оптические измерительные преобразователи. Теоретические основы. Оптические методы кодирования.

76. Датчики, основанные на относительном движении находящихся одна напротив другой решеток. Датчики, основанные на модуляции периода решетки.

77. Многомодовые поляризационные волоконно-оптические измерительные преобразователи. Теоретические основы. Феноменологическое описание поляризации и запаздывания. Сфера Пуанкаре. Формализм Мюллера и Джонса. Запаздывание и специальные свойства полуволновой пластинки.

78. Эффект фотоупругости. Оптическое подавление синфазного сигнала. Методы оптического кодирования. Разрешение и шум. Датчики на основе эффекта фотоупругости. Датчики на основе фазовых пластин.

79. Волоконно-оптические измерительные преобразователи на основе интерферометра Саньяка и пассивного кольцевого резонатора. Краткий обзор эффекта Саньяка. Кольцевой лазерный гироскоп. Гироскоп с пассивным кольцевым резонатором. Волоконно-оптический гироскоп. Датчики параметров внешней среды, использующие интерферометр Саньяка.

80. Детектирование акустических колебаний. Акустический датчик на основе интерферометра Саньяка, использующий источник света в качестве усилителя. Конфигурация волоконно-оптической катушки. Модуляция фазы и поляризации. Механическое напряжение. Измерение длины волны.

82. Волоконно-оптические измерительные преобразователи на основе интерферометров Маха-Цендера и Майкельсона. Принцип работы. Двухлучевая интерференция. Демодуляция, шум, поляризация. Схемы волоконных интерферометров. Динамические приложения. Статические приложения.
83. Распределенные и мультиплексированные волоконно-оптические измерительные преобразователи. Распределенные измерения. Оптическая рефлектометрия в волоконных системах. Методы измерения обратного рэлеевского рассеяния.
84. Измерение температуры на основе рамановского обратного рассеяния. Распределенные измерения на основе взаимодействия мод. Квазираспределенные датчики.
85. Основные принципы мультиплексирования датчиков. Мультиплексирование интерферометрических датчиков. Методы интерферометрической демодуляции для мультиплексированных датчиков. Топология мультиплексирования интерферометрических датчиков.
86. Датчики на основе эффекта Фарадея. Эффект Фарадея в оптических волокнах, структура датчиков, шум.
87. Магнитострикционные датчики, структура датчиков, шум. Датчики на основе силы Лоренца.
88. Индустриальные приложения оптоволоконных измерительных преобразователей. Измерение температуры. Измерение давления. Измерение уровня жидкости. Измерение скорости потока. Измерение положения. Измерение вибрации. Химический анализ. Измерение тока и напряжения.
89. Волоконно-оптические интеллектуальные структуры. Приложения и примеры использования волоконно-оптических измерительных преобразователей в составе интеллектуальных структур.
90. Уравнения Максвелла и распространение электромагнитных волн в металлах. Оптические свойства реальных металлов.
91. Теория Друде-Зоммерфельда. Межзонные переходы. Дисперсия в газе

свободных электронов.

92. Поверхностные плазмоны. Возбуждение плазмонов пучком заряженных частиц. Призмный и решеточный ввод. Возбуждение в фокальных пучках.

93. Поверхностные плазмоны в многослойных системах. Удержание энергии и эффективная длина волны. Датчики на основе поверхностных плазмонов.

94. Дипольная антенна и наноантенна. Ближнее и дальние поля. Квазистатическое приближение для нанообъектов. Наносфера в электростатическом поле. Локальный плазмонный резонанс для наносферы. Отражение сферической наноантенны в прилегающем объекте и влияние подложки на плазмонные свойства сферической наноантенны.

95. Теория Ми. Резонансы высоких порядков.

96. Плазмонный резонанс для нанообъектов с высоким аспектным отношением. Димерные наноантенны. Наноантенны «галстук-бабочка».

97. Наноантенны сложной формы. Резонансы Фано.

98. Химические методы изготовления наноструктур.

99. Лазерные методы изготовления наноструктур.

100. Фокусировка световых полей. Функция рассеяния точки. Предел разрешения оптического микроскопа.

101. Принципы конфокальной микроскопии. Передовые методы увеличения разрешения в конфокальной микроскопии и экспериментальный предел разрешения.

102. Преодоление предела разрешения за счет эванесцентных полей. Передача информации из ближней зоны в дальнюю.

103. Дифракция на сверхмалом отверстии. Теория Бете. Угловая расходимость.

104. Принципы оптической микроскопии ближнего поля.

105. Апертурные и безапертурные зонды для оптической микроскопии ближнего поля. Контроль расстояния между зондом и поверхностью объекта.

106. Предел разрешения оптического микроскопа ближнего поля. Методы увеличения разрешения и направленности. Зонды-наноантенны,



поддерживающие локальные плазмонные резонансы. Применение оптических микроскопов ближнего поля.

107. Зонды-наноантенны, поддерживающие локальные плазмонные резонансы. Применение оптических микроскопов ближнего поля.

108. Флуоресцентные молекулы. Возбуждение и релаксация флуоресцентных молекул.

109. Полупроводниковые квантовые точки. Пассивация поверхности, возбуждение и когерентный контроль экситонов. Сечение поглощения.

110. Однофотонное излучение трехуровневой системы. Стационарный и нестационарный случаи. Отдельные молекулы как зонды для локализованных полей.

111. Отдельные молекулы как зонды для локализованных полей. Поверхностно-усиленная фотолюминесценция (ФЛ) и поверхностно-усиленное комбинационное рассеяния (КР).

112. Механизмы усиления. ФЛ и КР. Применение эффектов ФЛ и КР.

113. Квантовый излучатель в резонаторе. Фактор Парселла. Описание механизма ФЛ фактором Парселла.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

### Основная литература

1. Оптические волноводы: [учебное пособие] /О. Б. Витрик.- Владивосток : Изд-во Дальневосточного технического университета, 2008. - 110 с.
2. Гончаренко, А.М. Основы теории оптических волноводов / А.М.Гончаренко, В.А.Карпенко. - М: МВТУ им. Баумана, 2004.– 542 с.
3. Гончаренко А.М. Основы теории оптических волноводов [Электронный ресурс]: монография/ Гончаренко А.М., Карпенко В.А., Гончаренко И.А.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2009.— 296 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10062>. — ЭБС «IPRbooks»
4. О.Б.Витрик. Основы информационной оптики: оптика спеклов и многомодовых интерферометров: учеб. пособие. – Владивосток: Изд. ДВГТУ. 2008. - 92 с.
5. Кульчин Ю.Н., Витрик О.Б., Камшилин А.А., Ромашко Р.В. Адаптивные методы обработки спекл-модулированных оптических полей. – М.: Физматлит, 2009. – 299 с.
6. Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. Основы оптики. СПб.: Питер, 2006.- 336 с.
7. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. - М.: Изд. МГУ, 1998.
8. Шполянский Ю.А. Сценарии развития фемтосекундного спектрального суперконтинуума. — В кн.: Проблемы когерентной и нелинейной оптики. СПб. 2000. С. 136-152.
9. Агравал Г.П. Оптические солитоны. От световодов к фотонным кристаллам.// М. Физматлит, 2005.-648 с.
10. П.Г.Крюков «Фемтосекундные импульсы», М., Физматлит, 2008. –М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011, - 296.

## Дополнительная литература

1. Воронин В. Г., Наний О. Е. Основы нелинейной волоконной оптики.// М.: «Университетская книга», 2011. - 128 с.
2. Окоси Т. и др. Волоконно-оптические датчики. – 1990.
3. Удд Э. Волоконно-оптические датчики //М.: Техносфера. – 2008.
4. Бусурин В. И., Носов Ю. Р. Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения. – Энергоатомиздат, 1990. – Т. 256.
5. Новотный Л., Хехт Б. Основы нанооптики. Пер. с англ / Под ред В В Самарцева. М .. ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 484 с.
6. Климов В.В. Наноплазмоника. ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 482 с.
7. Майер С.А. Плазмоника: теория и приложения. Пер. с англ / Под ред С.С. Савинского.