

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И ФОТОНИКА»
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФНИЦ «КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И ФОТОНИКА» РАН)

Принято на Ученом совете
ИПЛИТ РАН - филиала
ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН
Протокол № 4/2020 от 24 сентября 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор
ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН



О.А.Алексеева

«24» сентября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
учебной дисциплины

**«ЛАЗЕРОИНДУЦИРОВАННЫЕ ФОТО- И ТЕРМОПРОЦЕССЫ.
ДИАГНОСТИКА И ПРИМЕНЕНИЕ»**

направление подготовки **11.06.01** Электроника, радиотехника и системы связи
направленность **05.27.03** Квантовая электроника

Квалификация
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Шатура
2020

Григорьев

О.А.Алексеева

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Лазероиндуцированные фото и термopоцессы. Диагностика и применение» ставит своей **целью** подготовку специалистов, способных решать профессиональные задачи в области квантовой электроники, связанные с физико-химическими процессами, индуцируемыми лазерным излучением в различных материалах.

Задачи дисциплины:

- изучение основных характеристик лазерного излучения, его свойств и достигнутых предельных значений;
- получение знаний об иерархии физико-химических процессов, индуцируемых лазерным излучением в различных материалах, на шкалах плотности мощности и времени;
- получение знаний о механизмах поглощения мощного лазерного излучения атомами, молекулами, наночастицами и макроскопическими материалами;
- изучение процессов релаксации и распределения энергии лазерного излучения в различных материалах;
- изучение распространения лазерного излучения в оптически неоднородных средах;
- освоение современных методов контроля лазерно-индуцируемых процессов в режиме реального времени;
- получение знаний о нелинейных и многофотонных процессах в кристаллах, аморфных материалах и жидкостях;
- получение знаний об ИК многофотонном поглощении и диссоциации многоатомных молекул;
- получение знаний об экстремальных состояниях вещества, вызванных мощным лазерным излучением;
- изучение динамики лазерной абляции различных материалов в жидких средах и сценариев физико-химического отклика;
- подходы к математическому моделированию взаимодействия мощного лазерного излучения с материалами;
- получение знаний о методах ультрабыстрой диагностики лазерно-индуцируемых процессов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «Лазероиндуцированные фото- и термopоцессы. Диагностика и применение» (индекс Б1.В.ДВ.2.4) относится к вариативной части программы подготовки аспирантов по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи (направленность 05.27.03 Квантовая электроника).

Дисциплина после выбора должна быть освоена аспирантом обязательно (но не обязательно в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане).

3. УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

4. ГОД И СЕМЕСТР ОБУЧЕНИЯ (если есть)

Второй год, третий-четвертый семестр обучения.

5. ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ

Вариативная часть, в т.ч.:	4 зач. ед.
Лекции	16 часов
Семинары и практические занятия	16 часов

Лабораторные работы	<u>нет</u> часов
Индивидуальные занятия с преподавателем	<u>нет</u> часов
Самостоятельные занятия	<u>108</u> часов
Зачет	<u>4</u> часа
ВСЕГО	4 зач. ед., 144 часа

6. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Лазероиндуцированные фото и термопроцессы. Диагностика и применение» направлено на формирование следующих универсальных (УК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций аспиранта:

УК-1 (способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях);

ОПК-1 (владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности);

ОПК-2 (владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий);

ПК-1 (способность проводить научные исследования и технические разработки лазеров, приборов, систем и комплексов с использованием лазерного излучения, материалов, элементно-узловой базы, технологий и специального оборудования с целью развития лазерной техники и лазерных информационных и фотонных технологий и их применения в различных отраслях науки, технике, медицине).

7. КОНКРЕТНЫЕ ЗНАНИЯ, УМЕНИЯ И НАВЫКИ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины «Лазероиндуцированные фото и термопроцессы. Диагностика и применение» обучающийся должен:

1. Знать:

- принципы формирования и контроля пучков лазерного излучения;
- основы взаимодействия лазерного излучения с атомами, молекулами, нано-, микро- и макрообъектами;
- иерархию физико-химических процессов, индуцируемых лазерным излучением в различных материалах;
- методики расчета и измерения распределения энергии лазерного излучения в оптически неоднородных средах;
- сценарии физико-химического отклика материалов при импульсном лазерном нагреве в жидких средах;
- современные методы контроля лазерно-индуцируемых процессов в режиме реального времени;
- современные технологии, связанные с лазерной модификацией различных материалов или с сопровождающимися физико-химическими процессами.

2. Уметь:

- осуществлять сбор, обработку и систематизацию научной информации по заданному направлению профессиональной деятельности, применять для этого современные информационные технологии;
- работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для

- достижения необходимых теоретических и экспериментальных результатов;
- оценивать возможности и целесообразность применения различных методов электронно-микроскопического анализа при исследовании структуры объектов;
- подготавливать образцы для исследования;
- проводить эксперимент;
- определять пробную модель структуры;
- уточнять модель структуры;
- интерпретировать полученные результаты и оформлять их в виде научных публикаций или докладов на конференциях;
- критически анализировать накопленный опыт и совершенствовать свои подходы к изучению строения вещества;
- производить численные оценки динамики световых и температурных полей, формируемых в оптически неоднородных материалах;
- оценивать вклад различных физико-химических процессов, индуцируемых лазерным излучением в зависимости от оптических и теплофизических свойств материала и параметров излучения;
- находить решения фундаментальных, прикладных и технологических задач, связанных с применением лазеров.

3. Владеть:

- методами расчета распределения энергии лазерного излучения в объеме материала с учетом изменяющихся оптических и теплофизических параметров и протекающих физико-химических процессов;
- методами дистанционного контроля модификации материалов в режиме реального времени;
- навыками планирования и проведения физических экспериментов в области лазерных технологий.

8. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

(заполняется в соответствии с картами компетенций)

Формируемые компетенции <i>(код компетенции, уровень освоения)</i>	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1	З1 (УК-1) Знать методы критического анализа и оценки современных достижений в выбранной области квантовой электроники, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. У1 (УК-1) Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов. В1 (УК-1) Владеть навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
ОПК-1	З1 (ОПК-1) Знать методики анализа современных проблем, способы и методы решения теоретических и экспериментальных задач в выбранной области квантовой электроники. У1 (ОПК-1) Уметь обоснованно выбирать и применять расчетно-теоретические методы для разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов в выбранной области квантовой электроники. У2 (ОПК-1) Уметь обоснованно выбирать и применять экспериментальные методы исследования для решения научных задач в выбранной области квантовой электроники.

	<p>В1 (ОПК-1) Владеть современными методами теоретических и экспериментальных исследований для решения задач в выбранной области профессиональной деятельности.</p>
ОПК-2	<p>З1 (ОПК-2) Знать современные информационные технологии, программные продукты и ресурсы сети Интернет для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>У1 (ОПК-2) Уметь использовать профессионально-профилированные знания в области современных информационных технологий, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>В1 (ОПК-2) Владеть навыками поиска (в том числе с использованием новейших информационных систем и баз данных) и критического анализа научной и технической информации по тематике проводимых исследований.</p> <p>В2 (ОПК-2) Владеть навыками использования знаний в области информационных технологий, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности.</p>
ПК-1	<p>З1 (ПК-1) Знать современное состояние науки в области квантовой электроники, тенденции развития фундаментальных исследований и прикладных разработок лазеров и лазерных информационных и фотонных технологий, цели и задачи научных исследований в выбранной области, базовые принципы и методы их организации.</p> <p>З2 (ПК-1) Знать физические и конструкционные особенности лазеров разных типов, современные материалы, компоненты, лазерное диагностическое и технологическое оборудование, технологические процессы производства.</p> <p>У1 (ПК-1) Уметь проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие математическое и компьютерное моделирование, проектирование, конструирование, использование и эксплуатацию материалов, компонентов, приборов, устройств, установок квантовой электроники различного функционального назначения, лазерного технологического и диагностического оборудования.</p> <p>В2 (ПК-1) Владеть навыками исследования, моделирования, проектирования, конструирования и практического применения материалов, компонентов, приборов, устройств, установок квантовой электроники различного функционального назначения, лазерного технологического и диагностического оборудования.</p>

9. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура дисциплины

Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам:

№ темы и название	Количество часов
1. Поглощение, обмен и релаксация энергии лазерного излучения атомами, молекулами и наночастицами.	14
2. Световые и температурные поля, индуцируемые лазерным излучением в оптически неоднородных материалах.	18
3. Управляемый лазерный нагрев материалов.	18
4. Лазерная термография.	18
5. Лазероиндуцированные термопроцессы в жидких средах.	22

6. Диагностика лазероиндуцируемых процессов.	16
7. Оптоакустика.	16
8. Лазерные технологии в технике и медицине.	18
Итоговая аттестация (зачет)	4
ВСЕГО (часов)	144

Вид занятий

Лекции:

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость (количество часов)
1.	Поглощение, обмен и релаксация энергии лазерного излучения атомами, молекулами и наночастицами	2
2.	Световые и температурные поля, индуцируемые лазерным излучением в оптически неоднородных материалах	2
3.	Управляемый лазерный нагрев материалов	2
4.	Лазерная термография	2
5.	Лазероиндуцированные термopоцессы в жидких средах	2
6.	Диагностика лазероиндуцируемых процессов	2
7.	Оптоакустика	2
8.	Лазерные технологии в технике и медицине	2
ВСЕГО (часов)		16

Практические занятия:

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость (количество часов)
1.	ИК Фурье спектроскопия пленок из наночастиц кремния.	2
2.	Компьютерное моделирование распределения светового поля в оптически неоднородном плоском образце методом Монте Карло.	2
3.	Компьютерное моделирование трехмерного распределения температуры при импульсном лазерном нагреве образца.	2
4.	Определение управляющих параметров системы обратной связи для лазерного нагрева с постоянной скоростью.	2
5.	Синтез наночастиц никеля и кремния методом лазерной абляции массивных мишеней в воде.	2
6.	Визуализация процессов лазерной абляции мишени в жидкости с помощью скоростной камеры.	2
7.	Бесконтактная диагностика лазерной модификации	2

	эквивалентов биотканей с помощью тепловизора и зондирования световым лучом.	
8.	Акустическая диагностика лазерного разрушения фантомов урологических камней.	2
ВСЕГО (часов)		16

Самостоятельная работа:

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость (количество часов)
1	- изучение теоретического курса – выполняется самостоятельно каждым аспирантом по итогам каждой из лекций, результаты контролируются преподавателем на лекционных занятиях, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, методические пособия.	60
2	- выполнение тестовых заданий – выполняются задания, выданные преподавателем по итогам лекционных занятий, и сдаются в конце семестра, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, а также сборники задач, включая электронные, учебно-методические пособия.	36
3	Подготовка к зачету	12
ВСЕГО (часов)		108

Содержание разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Объем	
			Ауди-торная работа (часы)	Самостоятельная работа (часы)
1.	Поглощение лазерного излучения атомами, молекулами и наночастицами; обмен и релаксация энергии.	Электронные термы атомов и молекул. Диаграммы Яблонского. Энергетические зоны и уровни твёрдого тела. Излучательные и безызлучательные переходы. Времена жизни энергетических состояний. Квантоворазмерные эффекты.	4	10
2.	Световые и температурные поля, индуцируемые лазерным излучением в оптически однородных и неоднородных материалах.	Распространение света в однородных и неоднородных средах. Законы преломления. Формулы Френеля. Поляризация света. Оптические свойства неоднородных сред. Пространственное распределение плотности мощности излучения в неоднородной среде. Численный расчет температурного поля, индуцируемого лазерным излучением методом Монте Карло.	4	14

3.	Управляемый лазерный нагрев материалов.	Управление мощностью лазера с помощью контроллера обратной связи по температуре. Оптимизация управляющих параметров системы обратной связи. Нагрев объекта с постоянной скоростью и поддержание температуры на заданном уровне.	4	14
4.	Лазерная термография.	Активная термография биологических объектов. Дистанционное измерение оптических и теплофизических параметров материалов с помощью тепловизора и импульсного лазерного нагрева. Дистанционная калориметрия энергоемких процессов.	4	14
5.	Лазероиндуцированные термопроцессы в жидких средах.	Лазерная абляция материалов в жидких средах и синтез наночастиц. Перегретые состояния. Бинодаль, спинодаль, сверхкритические флюиды. Взрывное кипение материалов. Захват наночастиц световым полем и управление их движением. Процессы массопереноса при лазерном нагреве жидкостей. Особенности теплопередачи при лазерном нагреве жидкости. Уравнения состояния жидкости при лазерном нагреве. Эволюция микропузырьков, индуцируемых в жидкости лазерным излучением.	6	16
6.	Диагностика лазероиндуцируемых процессов.	Спектроскопия комбинационного рассеяния. ИК Фурье спектроскопия нарушенного полного отражения. Сканирующая электронная микроскопия. Просвечивающая электронная спектроскопия.	4	12
7.	Оптоакустика.	Лазерная оптоакустика. Лазероиндуцированная генерация акустических волн. Акустические резонаторы, реверберации, стоячие волны. Ударные волны: генерация, наблюдение, характеристика. Давление, мощность, спектральные характеристики. Поглощение и распространение акустических волн. Термокавитация. Измерения давления в акустической волне.	4	12
8.	Лазерные технологии в технике и медицине.	Лазерные технологии в технике. Методы лазерного спекания. Методы фотополимеризации. Метод абляционного переноса материала. Лазерная трехмерная печать полимерных матриц для имплантатов. Формирование наночастиц и структур из них в полимерных и пористых материалах. Лазерные технологии в медицине. Импульсный лазерный термолиз. Фракционный термолиз биотканей. Абляционная коррекция формы роговицы глаза. Лазерная стапедотомия. Лазерная термопластика хрящей. Лазерное лечение остеохондроза. Лазерная литотрипсия. Лазерная облитерация вен. Лазерное удаление кист. Лазерная тераностика. Лазерная микрохирургия клеток. Лазерная инженерия микробных систем.	2	16

10. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

10.1 Перечень и карта компетенций дисциплины «Лазероиндуцированные фото- и термopоцессы. Диагностика и применение»

Универсальные компетенции						Общепрофессиональные компетенции					Профессиональные компетенции	
УК-1	УК-2	УК-3	УК-4	УК-5	УК-6	ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3	ОПК-4	ОПК-5	ПК-1	ПК-2
+						+	+				+	

Критерии оценивания компетенций приведены в основной образовательной программе высшего образования – программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи (направленность 05.27.03 Квантовая электроника).

10.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

10.2.1. Тестовое задание для сдачи зачета:

1. Как обозначаются электронные термы атомов и молекул?
2. От чего зависит вероятность перехода электрона между энергетическими уровнями?
3. Что такое принцип детального равновесия?
4. Правило Хунда.
5. Что такое диаграммы Яблонского?
6. Что такое ангармонизм колебаний в молекуле?
7. Что такое диссоциативный терм молекул?
8. Что такое правила отбора?
9. Правила отбора для колебательно-вращательных переходов в молекулах.
10. Правила отбора для электронных переходов в молекулах.
11. Оцените энергию 12-ти атомной органической молекулы при диссоциации.
12. Возможен ли распад многоатомных молекул по заданной связи при ИК многофотонном возбуждении?
13. Назовите основные законы фотолюминесценции многоатомных молекул.
14. Что такое запрещенная зона твердых тел?
15. Приведите примеры поверхностей Ферми для твердого тела.
16. Обладает ли фотолюминесцентными свойствами непрямозонный полупроводник?
17. Что такое ИК многофотонное возбуждение и диссоциация молекул?
18. Какие равновесные процессы протекают при возбуждении вещества под действием лазерного излучения?
19. Квазичастицы в твердом теле.
20. Как проявляются фононы в спектрах КР?
21. Что такое квантовые точки?
22. Что такое квантоворазмерные эффекты в наночастицах?

23. Какие наночастицы являются наиболее перспективными в настоящее время?
24. Чем привлекательны апконвертирующие наночастицы?
25. Как сделать наночастицы биосовместимыми?
26. Что такое скин-эффект?
27. Чем определяется глубина проникновения излучения в металлы, полупроводники и диэлектрики?
28. Что такое локализованные состояния?
29. От чего зависит вероятность туннелирования электронов через энергетический барьер?
30. Что такое плазмонный резонанс и плазмонные наночастицы?
31. Как рассчитать световое поле вблизи частицы сферической формы?
32. Какое распределение интенсивности плоской световой волны в фокусе линзы?
33. Назовите виды аббераций линз и способы их коррекции?
34. Как можно преодолеть предел разрешения обычных оптических приборов?
35. Что такое гауссовские пучки света?
36. Назовите наиболее распространенные оптические элементы для управления поляризацией света.
37. Как описывают состояние поляризации частично поляризованного света и ее изменение при прохождении через оптические элементы?
38. Как измерить состояние поляризации частично поляризованного пучка света?
39. Назовите основные оптические параметры рассеивающих сред.
40. Что такое фазовая функция и фазовая матрица рассеяния?
41. Что такое спеклы и как их применяют на практике?
42. Опишите принципы компьютерного расчета распространения света в неоднородных средах методом Монте-Карло.
43. Как решить обратную оптическую задачу для неоднородных сред?
44. Что описывает теория Ми, каковы пределы ее применимости?
45. Как рассчитать температурное поле в материалах, индуцируемое импульсным лазерным излучением?
46. Что такое ПИД регулятор?
47. Нарисуйте принципиальную схему управляемого лазерного нагрева объекта.
48. Что такое фазовые диаграммы, бинадаль, спинадаль, сверхкритические флюиды?
49. Как создать взрывное кипение воды, твердых материалов?
50. Лазероиндуцированное гетерогенное и гомогенное кипение. Генерация пузырьковых струй.

10.2.2. Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена:

1. Электронные термы атомов и молекул.
2. Правило Хунда.
3. Диаграммы Яблонского.
4. Колебательно-вращательные спектры молекул. Возбужденные и диссоциативные термы молекул.
5. Фотолюминесценция многоатомных молекул.
6. Многофотонное поглощение лазерного излучения молекулами. ИК фотохимия.
7. Энергетические зоны и уровни твёрдого тела.
8. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Квазичастицы в полупроводниках.
9. Дефекты и примеси в кристаллах. Локализованные состояния.
10. Туннелирование электронов. Квантоворазмерные эффекты.
11. Фотолюминесценция наночастиц кремния.
12. Апконвертирующие наночастицы.
13. Плазмонные наночастицы
14. Гауссовские пучки света. Пространственная и временная когерентность.
15. Поляризация света. Матрицы Джонса и Мюллера.
16. Световое поле в оптических волокнах. Брэгговские решетки.

17. Формулы Френеля.
18. Дифракционный предел и его преодоление.
19. Ближнее и дальнее поле.
20. Спеклы.
21. Оптические характеристики неоднородных сред. Фазовая функция Хеньи-Гринштейна.
22. Диффузионные модели распространения света в неоднородных средах. Метод Монте-Карло.
23. Измерение оптических параметров неоднородных сред – обратная задача.
24. Теория Релея. Теория Ми. Т-матрицы Мищенко. Модель случайно-ориентированной поверхности раздела сред. Фазовая матрица рассеяния.
25. Принципиальная схема управления мощностью лазера с помощью контроллера обратной связи по температуре.
26. Расчет температурного поля, индуцируемого лазерным излучением в материалах, методом конечных разностей.
27. Дистанционное измерение оптических и теплофизических параметров материалов.
28. Калориметрия лазероиндуцируемых термических процессов в открытой системе. Оптимизация контроллера обратной связи.
29. Фазовые диаграммы. Бинодаль, спиноподаль, сверхкритические флюиды.
30. Поглощение и рассеяние оптического излучения в жидкости.
31. Лазероиндуцированные гидродинамические процессы.
32. Взрывное кипение воды. Особенности кипения биологических жидкостей.
33. Прочность жидкости, зародыши кавитации и нанопузырьки. Влияние поверхностно-активных веществ.
34. Уравнение пульсации пузырьков.
35. Кавитационное схлопывание пузырьков, кумулятивные струи и кавитационное разрушение материалов.
36. Лазероиндуцированное гетерогенное и гомогенное кипение.
37. Генерация пузырьков струй.
38. Сверхинтенсивное пузырьковое кипение.
39. Роль пузырьков в различных лазерных технологиях: жидкостное лазерное травление, абляция различных материалов в жидких средах.
40. Управление движением частиц и клеток световым полем. Конвективные процессы при лазерном нагреве.
41. Лазероиндуцированная конвекция Марангони.
42. Ламинарные и турбулентные струйные течения.
43. Особенности теплопередачи при лазерном нагреве жидкости.
44. Перенос наночастиц пузырьками.
45. Лазерная самоорганизация структур из наночастиц в коллоидных системах.
46. Лазероиндуцированная генерация акустических волн.
47. Акустические резонаторы, реверберации, стоячие волны. Ударные волны: генерация, наблюдение, характеристика. Давление, мощность, спектральные характеристики.
48. Поглощение и распространение акустических волн. Измерения давления в акустической волне.
49. Термокавитация.
50. Методы лазерного спекания.
51. Методы фотополимеризации.
52. Метод абляционного переноса материала.
53. Лазерная трехмерная печать полимерных матриксов для имплантатов.
54. Формирование наночастиц и структур из них в полимерных и пористых материалах.
55. Иерархия фото- и термопроцессов в биотканях при воздействии лазерного излучения.
56. Импульсный лазерный термолиз. Фракционный термолиз биотканей.
57. Абляционная коррекция формы роговицы глаза. Лазерная стапедотомия.
58. Лазерная термопластика хрящей.

59. Лазерное лечение остеохондроза.
60. Лазерная литотрипсия.
61. Лазерная облитерация вен.
62. Лазерное удаление кист.
63. Лазерная тераностика с использованием наночастиц NaYF_4 , легированных ионами Yb^{3+} .
64. Лазерная микрохирургия клеток.
65. Лазерное жидкостное травление.
66. Лазерная инженерия микробных систем.
67. Лазерный синтез наночастиц в жидких средах.
68. Спектроскопия комбинационного рассеяния.
69. ИК Фурье спектроскопия нарушенного полного отражения.
70. Сканирующая электронная микроскопия. Просвечивающая электронная спектроскопия.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:

При чтении лекции используются: ноутбук, проектор, экран, маркерная доска. Для получения необходимой информации используются Web-ресурсы Интернет и локальная библиотека электронных материалов. При проведении практических занятий используются компьютеры с характеристиками не ниже Windows 8-, объединенные в локальную сеть, подключенную через сеть института к сети Интернет.

Для получения экспериментальных данных используются:

Лазерное оборудование:

Лазерные источники: твердотельный лазер Brilliant Quantel ($\lambda=1064, 533, 355, 255$ нм, 4-5 пс, 20 Гц). Волоконные лазеры, излучающие на длинах волн 0.97, 1.56, 1.68, 1.94 мкм с компьютерным управлением мощностью и излучения, KrF эксимерный лазер OPTEK (Lambda Physik), лазерные диоды с длинами волн от 365 нм до 1.625 мкм различных мощностей.

Оптическое оборудование:

Дисперсионный КР-спектрометр Nicolet Almega XR (Thermo Scientific, USA), FTIR КР спектрометр Nicolet NXR 9650 с лазерным излучателем ($\lambda=1064$ нм) для объемных жидких и твердых образцов,

Спектрофотометр УФ и видимого диапазонов Cary 50 (Varian, USA),

ИК Фурье спектрометр Nicolet Impact 410 (SpectraLab, Canada),

Спектрфлюориметр Cary Eclipse (Varian, USA).

Оптические, атомно-силовые и электронные микроскопы лабораторий ИФТ РАН и Центра коллективного пользования ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН

Экспериментальные установки:

Установки для сверхкритической флюидной импрегнации и экстракции,

Установка для трехмерного лазерного прототипирования.

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. М.: Наука, 2004. 654 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М. Физматгиз. 1963. 702 с.
3. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970. 855 с.
4. Поверхностные поляритоны. / Под ред. В.М.Аграновича, Д.Л.Миллса. М.: Наука, 1985. 525.с.

5. Boren C.F., Huffman D.R. Absorption and scattering of light by small particles. NY, John Willey and Sons, Inc. 1983. 530 p.
6. Введенев А.А., Гладуш Г. Г. Физические процессы при лазерной обработке материалов. М.: Энергоатомиздат, 1985.
7. Лямшев Л.М. Лазеры в акустике // Успехи физических наук. 1987. Т. 151. № 3. С. 479-527.
8. Егерев С.В., Лямшев Л.М., Пученков О.В. Лазерная динамическая оптоакустическая диагностика конденсированных сред // Успехи физических наук. 1990. Т. 160. № 9. С. 111-154.
9. Гусев В.Э., Карабутов А.А. Лазерная оптоакустика. М.: Наука, 1991. 304 с.
10. Vogel A. and Lauterborn W. Acoustic transient generation by laser-produced cavitation bubbles near solid boundaries // J. Acoust. Soc. Am. 1988. V. 84. N. 2. P. 719.
11. Сандлер Б.И., Суляндзига Л.Н., Чудновский В.М., Юсупов В.И., Косарева О.В., Тимошенко В.С. Перспективы лечения дискогенных компрессионных форм пояснично-крестцовых радикулитов с помощью пункционных неэндоскопических лазерных операций. Вл-ток. Дальнаука. 2004. 181 с.
12. Yusupov V.I., Chudnovskii V.M. and Bagratashvili V.N. Laser-induced hydrodynamics in water-saturated biotissues. 1. Generation of bubbles in liquid // Laser Phys. 2010. V. 20. N. 7. P. 1641-1646.
13. Yusupov V.I., Chudnovskii V.M. and Bagratashvili V.N. Laser-induced hydrodynamics in water-saturated biotissues: 2. Effect on delivery fiber // Laser Phys. 2011. V. 21. N. 21. P. 1230-1234.
14. Yusupov V.I., Chudnovskii V.M. and Bagratashvili V.N. Laser-induced hydrodynamics in water and biotissues nearby optical fiber tip. in "Hydrodynamics - Advanced Topics", ed. H.E. Schulz, A.L.A. Simoes and R.J. Lobosco. (InTech, Croatia). 2011. P. 95-118. ISBN 978-953-307-596-9. DOI: 10.13140/2.1.4838.9122.
15. Юсупов В.И., Коновалов А.Н., Ульянов В.А., Баграташвили В.Н. Генерация акустических волн непрерывным волоконным лазерным излучением в воде // Акустический журнал. 2016. Т. 62. №5. С.531-539.
16. Vogel A and Venugopalan V. Mechanisms of pulsed laser ablation of biological tissues // Chem. Rev. 2003. V. 103. P. 577-644.
17. Сиротюк, М. Г. (2008). Акустическая кавитация. М.: Наука.
18. Баграташвили В.Н., Захаркина О.Л., Игнатьева Н.Ю., Лунин В.В. Лазерно-индуцированная и термическая модификация структуры соединительных тканей. Монография. Долгопрудный: Издательский Дом "Интеллект". 2016. 208 с.
19. Баграташвили В.Н., Соболев Э.Н., Шехтер А.Б. Лазерная инженерия хрящей (М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006).
20. В.М. Чудновский, В.И. Юсупов, А.В. Дыдыкин, В.И. Невожай, А.Ю. Кисилёв, С.А. Жуков, В.Н. Баграташвили Лазероиндуцированное кипение биологических жидкостей в медицинских технологиях // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 4. С. 361-370.
21. Чудновский В.М., Юсупов В.И., Жуков С.А., Ечмаев С.Б., Баграташвили В.Н. Лазероиндуцированная генерация сверхинтенсивного пузырькового кипения // Доклады академии наук. 2017. Т. 473. №5. С. 533-535.
22. Tuchin, V. V., Wang, L., & Zimnyakov, D. A. (2006). *Optical polarization in biomedical applications*. Springer Science & Business Media.
23. Ельяшевич, М. А. (2006). *Атомная и молекулярная спектроскопия. Общие вопросы спектроскопии*. М: Эдиториал УРСС.
24. Тучин, В. В. (2007). *Оптическая биомедицинская диагностика*. М.: Физматлит.
25. Born M & Wolf E. (2013). *Principles of optics: electromagnetic theory of propagation*.

Дополнительная литература:

1. Дыкман Л.А., Богатырев В.А., Щеголев С.Ю., Хлебцов Н.Г. Золотые наночастицы. М. Наука. 2008. 319 с.
2. Лазеры в технологии. / Под ред. М.Ф.Стельмаха. М.: Энергия, 1975.
3. Арутюнян Р.В., Баранов В.Ю., Большов Л.А. и др. Воздействие лазерного излучения на материалы. М.: Наука, 1989.
4. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок / Под ред. В.Я. Панченко. М.: Физматлит, 2009. 664 с.
5. Мирзаде Ф. Х., Панченко В. Я. Шелепин Л. А. Лазерное управление процессами в твердом теле // Успехи физических наук, 1996. Т. 165, №1. С. 3-33.
6. Цветков. М.Ю., Минаев Н.В., Акованцева А.А., Пудовкина Г.И., Тимашев П.С., Цыпина С.И., Юсупов В.И., Муслимов А.Э., Буташин А.В., Каневский В.М., Баграташвили В.Н. Травление сапфира в сверхкритической воде при ультравысоких температурах и давлениях в условиях импульсной лазерной термоплазмоники // Сверхкритические флюиды: Теория и Практика. 2017. Т. 12. №2. С. 68-80
7. М.Ю. Цветков, В.И. Юсупов, П.С. Тимашев, К.М. Голант, Н.В. Минаев, В.Н. Баграташвили. Повышение эффективности лазерного жидкостного травления оптически прозрачных материалов за счет лазероиндуцированного формирования наночастиц углерода и серебра // Российские нанотехнологии. 2017. Т. 12. №1-2. С. 53-60.
8. M Yu Tsvetkov, V I Yusupov, N V Minaev, P S Timashev, K M Golant and V N Bagratashvili. Effects of thermo-plasmonics on laser-induced backside wet etching of silicate glass // Laser Physics Letters. 2016. **13**. 106001
9. Чудновский В.М., Юсупов В.И., Захаркина О. Л., Игнатъева Н. Ю., Жигарьков В.С., Яшкин М.Н., Баграташвили В.Н. Вклад лазероиндуцированной газо-парожидкостной динамики в механизм эндовенозной лазерной облитерации // Современные технологии в медицине. 2016. Т. 8. № 2. С. 6-13.

Периодическая литература

Журналы:

Квантовая электроника

Акустический журнал

Успехи физических наук

Доклады академии наук

Российские нанотехнологии

Сверхкритические флюидные технологии: Теория и Практика

Современные технологии в медицине

Биофизика

Laser Physics

Laser Physics Letters

Nanotechnology

Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных и т.д.

РИНЦ	https://elibrary.ru/orgs.asp
Web of Science	http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=F2LiEv3BvmxwoCqmOmV&preferencesSaved=
Scopus	https://www.scopus.com/home.uri
Google Scholar citations	https://scholar.google.ru/citations?user=NbJEoV8A

	AAAJ&hl=ru
IOP Institute of Physics материалы компании IOP Publishing Limited, а именно, база данных IOP Journal	http://www.iop.org/
AIP материалы компании American Institute of Physics	https://www.aip.org/
CASC материалы издательства EBSCO Publishing, а именно база данных CASC	https://www.ebsco.com/e/ru-ru/products-and-services/research-databases
APS Журналы Американского физического общества база данных APS Online Journals	https://www.aps.org/
IEEE материалы компании The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, а именно, база данных IEEE/IEL	http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp
RSC материалы Royal Society of Chemistry	http://pubs.rsc.org/
Wiley материалы компании John Wiley & Sons Ltd., а именно база данных Wiley Journals	http://onlinelibrary.wiley.com/
Inspec материалы издательства EBSCO Publishing, а именно база данных INSPEC	https://www.ebsco.com/e/ru-ru/products-and-services/research-databases/inspec
ProQuest материалы компании и PROQUEST LLC, а именно база данных Proquest Dissertations and Theses Global	https://www.proquest.com/products-services/pqdtglobal.html
SpringerNature Зарубежные электронные ресурсы издательства, а именно: Springer Journals Springer Protocols Springer Materials Springer Reference zbMATH Nature Journals Nano Database	http://link.springer.com/ http://www.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://link.springer.com/search?facet-content-type=%22ReferenceWork%22 http://zbmath.org/ http://npg.com/ https://nano.nature.com
Elsevier B.V. Science Direct Complete Freedom Collection зарубежные электронные ресурсы издательства Elsevier «Freedom	https://www.elsevier.com/

Collection» и коллекция электронных книг «Freedom Collection eBook collection», размещенных на платформе Science Direct	
CCDC - Cambridge Crystallographic Data Centre Зарубежные электронные ресурсы Кембриджского центра структурных данных	https://www.ccdc.cam.ac.uk/
Scifinder База данных	https://scifinder.cas.org

13. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ - русский.

Программу составили:

д.ф.-м.н. А.П. Свиридов

к.ф.-м.н. В.И. Юсупов