

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт сильноточной электроники
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИСЭ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ
директор ИСЭ СО РАН
академик РАН



Н. А. Ратахин Н. А. Ратахин

«24» августа 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «Лазерные технологии»

основных профессиональных образовательных программ высшего образования —
программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлениям подготовки кадров высшей квалификации

№ п/п	Направление подготовки	Наименование ОПОП (профиль подготовки)	Место дисциплины в учебном плане
1	03.06.01 Физика и астрономия	Оптика	Вариативная часть, обязательная дисциплина

1. Общая характеристика дисциплины

1.1. Место дисциплины в структуре ООП

Перечень основных профессиональных образовательных программ высшего образования — программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлениям подготовки кадров высшей квалификации, в учебные планы которых входит данная дисциплина, и ее место в учебном плане обозначены на титульном листе настоящей рабочей программы.

Дисциплина изучает основы лазерной техники, физические процессы, лежащие в основе взаимодействия лазерного излучения с различными материалами и средами, принципы построения и работы лазерных технологических установок и комплексов, области применения лазерных установок в различных областях науки и производства.

Для успешного освоения дисциплины аспирант должен *знать*:

- фундаментальные основы лазерной физики, электротехники, физики газового разряда, импульсной техники, физики твердого тела, оптики и квантовой электроники;

и уметь:

- применять методы дифференциального и интегрального исчисления;

- использовать персональный компьютер для решения научных задач.

1.2. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является углубленное изучение методологических и теоретических основ физики и техники мощных лазеров и их применения в различных технологиях.

Задачи освоения дисциплины:

1. Приобретение аспирантом широких и систематических знаний о лазерных технологиях, оборудовании лазерных технологических установок и комплексов, об управлении лазерным пучком, о режимах, параметрах и особенностях некоторых технологических операций, связанных с обработкой материалов.

2. Формирование навыков оценивания и расчета параметров мощных лазеров для различных технологий.

В результате изучения дисциплины аспирант должен знать:

- оптические и электрические схемы технологических лазеров, параметры излучения, их элементную базу;

- методы управления параметрами излучения лазерных пучков;

- принципы, на которых основано технологическое применение лазерных установок;

- физические процессы, происходящие при лазерной обработке металлов, сплавов и неметаллических образцов;

1.3. Формируемые компетенции

Освоение настоящей дисциплины дает вклад в формирование у обучающихся следующих компетенций:

ОПК-1: Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

ПК-1: Наличие широких, целостных и глубоких знаний о лазерных технологиях, оборудовании лазерных технологических установок и комплексов, об управлении лазерным пучком, о режимах, параметрах и особенностях некоторых технологических операций, связанных с обработкой материалов (как составляющая профессиональной компетенции ПК-1 в ООП, в состав которой включается настоящая дисциплина).

ПК-2: Умение оценивать и рассчитывать параметры мощных лазеров для различных технологий (как составляющая профессиональной компетенции ПК-1 в ООП, в состав которой включается настоящая дисциплина).

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.

УК-2: Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

УК-3: Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

Таблица соответствия компонентов фонда оценочных средств (ФОС) по дисциплине формируемым компетенциям приведена в п. 5.2 рабочей программы.

2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов, и их трудоемкость (в часах)		
		Лекции	Практика	Самостоятельная работа
1	Введение в дисциплину	2		6
2	Технологические лазеры. Устройство, работа и параметры излучения	16	—	20
3	Оптика лазерных пучков (свойства, формирование, транспортировка, преобразование пучков)	4	—	12
4	Применение лазеров в различных областях	14	—	14
5	Другие применения лазеров	—	—	20
	ИТОГО	36	—	72

2.2. Наименование тем, их содержание, объём в часах лекционных занятий

Порядковый номер лекции	Раздел, тема учебного курса, содержание лекции	Трудоемкость	
		час.	зач. ед.
РАЗДЕЛ 1. Введение в дисциплину		2	0,055
1	1.1. Цели и задачи дисциплины. Общая характеристика лазерных технологий. Характеристика технологических лазеров, лазерных технологических установок и лазерных технологических комплексов.	2	0,055
РАЗДЕЛ 2. Технологические лазеры. Устройство, работа и параметры излучения		16	0,445
2	2.1 Газовые лазеры 2.1.1. Типы разрядов и прокачки рабочей смеси газовых лазеров 2.1.2. Электрические схемы импульсных газовых лазеров. 2.1.3. Схемы и принципы зажигания объемного разряда при высоких давлениях.	2	0,055
3	2.1.4. Эксимерные лазеры 2.1.4.1 Механизм генерации, принцип работы, параметры. 2.1.4.2 Зарубежные и российские разработки эксимерных лазеров.	4	0,11

4	<p>2.1.5. CO₂ лазеры</p> <p>2.1.5.1. Механизм генерации, принцип работы, параметры</p> <p>2.1.5.2. CO₂ лазеры с самостоятельным продольным разрядом. Типы, параметры.</p> <p>2.1.5. 3. Импульсно-периодические CO₂ лазеры с поперечной накачкой. Типы, параметры.</p>	3	0,0825
5	<p>2.2. Твердотельные лазеры</p> <p>2.2.1. Механизм генерации, принцип работы, типы, параметры</p> <p>2.2.2. Активные элементы твердотельных лазеров. Устройство квантрона твердотельного лазера. Зеркала резонаторов.</p> <p>2.2.3. Мощные твердотельные лазеры непрерывного режима. Промышленный технологический лазер ЛТН-103. Устройство, работа, параметры пучка.</p> <p>2.2.4. Твердотельные лазеры с импульсной накачкой. Импульсно-периодический лазер «КВАНТ-15»; схема, работа, параметры пучка.</p> <p>2.2.5. Лазеры с диодной накачкой, волоконные лазеры.</p>	6	0,165
6	<p>2.3. Полупроводниковые лазеры</p> <p>2.3.1. Механизм генерации, принцип работы, типы, параметры.</p>	1	0,0275
РАЗДЕЛ 3. Оптика лазерных пучков (свойства, формирование, транспортировка, преобразование)		4	0,11
7	<p>3.1. Формирование пучка в резонаторе (плоскопараллельный, конфокальный, неустойчивый). Параметры пучка. Одномодовый и многомодовый режимы излучения. Гауссов пучок. Энергетика излучения, угловая расходимость.</p>	2	0,055
8	<p>3.2. Транспортировка и фокусировка лазерных пучков, пределы фокусировки.</p> <p>Особенности фокусировки пучка с помощью длиннофокусных объективов и линз; основные соотношения для фокусировки, коллимации и транспортировки пучка; схемы фокусировки с линзовыми и зеркальными объективами, телескопические системы; схемы манипуляции пучком; транспортировка пучка с помощью оптического волокна.</p>	2	0,055
РАЗДЕЛ 4. Применение лазеров в различных областях		14	0,39
9	<p>4.1. Технология лазерной обработки материалов</p> <p>Лазерная закалка. Лазерная наплавка и легирование металлов. Лазерная сварка. Лазерная резка. Сверление отверстий в металлах и диэлектриках.</p>	6	0,165
10	<p>4.2. Применение лазерных установок в навигации</p> <p>Лазерные дальнометры и локаторы; лазерный гироскоп; функциональные схемы локаторов и гироскопов; разрешающая способность и точность измерений.</p>	2	0,055
11	<p>4.3. Лазерная связь</p> <p>Открытые и закрытые линии связи; преимущества оптической связи; простейшая схема световодного канала связи; световоды и</p>	2	0,055

	устройства согласования; пропускная способность одномодовых и многомодовых кварц-полимерных волокон; потери в световодах.		
12	4.4. Лазерные установки в энергетике и военном деле Лазерный управляемый термоядерный синтез (УЛТС) Лазерные установки военного назначения; системы наведения и целеуказания; лазерное оружие.	2	0,055
13	4.5. Применение лазеров в медицине (2 час) Лазерная диагностика и терапия; механизм лазерной сварки биоткани; испарение ткани сфокусированным пучком; лазерная хирургия.	2	0,055
14	СУММАРНАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ	36	1,0

2.3. Практические занятия

Не предусмотрены.

2.4. Самостоятельная работа аспирантов

Внеаудиторная самостоятельная работа аспирантов включает следующие виды деятельности:

- проработку учебного материала по конспектам лекций и учебной литературе,
- конспектирование и реферирование источников из списка дополнительной учебной и научной литературы.

2.4.1. Темы, вынесенные на самостоятельное изучение

№ недели	Раздел учебного курса, тема, вынесенная на самостоятельное изучение	Трудоёмкость	
		час.	зач. ед.
	РАЗДЕЛ 5. Применения мощных импульсных газовых лазеров	20	0,55
13	Тема 5.1. Инерционный лазерный термоядерный синтез.	4	0,11
14	Тема 5.2. Формирование сверхкоротких мощных лазерных импульсов.	4	0,11
15	Тема 5.3. Получение рентгеновского излучения из лазерной плазмы.	4	0,11
16	Тема 5.4. Получение нанопленок и нанопорошков с помощью мощных лазерных импульсов.	4	0,11
17	Тема 5.5. Применение лазеров в медицине.	4	0,11
	СУММАРНАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ	20	0,55

2.4.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, на рабочих местах с доступом к интернет-ресурсам, и в домашних условиях. Аспиранты имеют возможность получать консультации у лектора.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим основную и дополнительную учебную и научную литературу, а также конспекты лекций.

3. Учебно-методические материалы

3.1. Основная литература

1. Белостоцкий Б.Р. Основы лазерной техники. – М.: Сов. радио. 1972. – 405 с.
2. Звелто О. Физика лазеров. – М., Мир, 1984, 395 с.
3. Качмарик Ф. Введение в физику лазеров. М.: Мир, 1981. – 540 с.

4. Райзер Ю. П. Физика газового разряда. – М.: Интеллект, 2009. – 736 с.
5. Справочник по лазерной технике / под ред. А. П. Напортовича. – М.: Энергоатомиздат, 1991, – 543 с.
6. Справочник по лазерной технике / под ред. Ю. В. Байбородина, Л. З. Криксунова, О.Н. Литвиненко. – Киев: изд. Техніка, 1978, 288 с.
7. Технологические лазеры. Справочник / под ред. Г. А. Абильситова. - М.: Машиностроение. 1991. т. 1. т.2.
8. Экимерные лазеры: Пер с англ. / Под ред. Ч. Роудза. – М.: Мир, 1981. – 245 с.
9. Лазеры ультракоротких импульсов и их применения: Учебное пособие / П.Г. Крюков – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2012. -248 с.
10. Лазерные технологии и оборудование: учебное пособие с грифом УМО/ Лосев В.Ф., Ципилев В.П. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 148 с.

3.2. Дополнительная литература

1. Mesyats G.A., Osipov V.V., Tarasenko V.F. Pulsed gas lasers. – SPIE, Opt. Eng. Press: Bellingham, Washington, USA, 1995. – 374 p.
2. Аллен Л., Джонс Д. Основы физики газовых лазеров. М.: Наука, 1970.
3. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1989. – 300 с.
4. Евтушенко Г.С., Аристов А.А. Лазерные системы в медицине. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 1998.
5. Журнал "Laser Market". 1992, в. 1—12; 1993, в. 1—12.
6. Журнал "Лазерная техника и оптоэлектроника", выпуски 1991—1993 гг.
7. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. –М., Наука, 1988, 336.
8. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов. Справочник / под ред. Н. Н. Рыкалина. –М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
9. Мейтленд А., Данн М.. Введение в физику лазеров, Наука, М., 1978.
10. Месяц Г. А. Импульсная энергетика и электроника. – М.: Наука, 2004.
11. Пахомов И.И., Цибуля А.Б. Расчет оптических систем лазерных приборов. – М.: Радио и связь. 1986. – 151 с.
12. Тарасов А.В. Лазеры. Надежды и действительность. М.: Наука, 1985.- 175 с.
13. Тарасов Л.В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. - М., Радио и связь, 1981, 440 стр.
14. Федоров Б.Ф. Лазеры. Основы устройства и применения. – М.: Наука, 1987, 195 с.
15. Шиа Д.О., Коллен Р., Родс У. Лазерная техника. – М.: Атомиздат, 1980. – 255 с.
16. Ярив А. Квантовая электроника. –М., Сов. Радио, 1980, 488 с.
17. П.Г. Крюков. Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики. – М; ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 208 с.

4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- аудиторный фонд ИСЭ СО РАН,
- средства мультимедиа,
- рабочее место аспиранта с выходом в Интернет,
- библиотечный фонд ИСЭ СО РАН.

5. Оценка качества освоения материала

Текущий контроль качества усвоения теоретического материала включает оценку ответов на вопросы в ходе лекций и две контрольные работы (в середине и в конце семестра).

Зачет по дисциплине ставится в соответствии с посещением лекций, качества работы на лекциях и самостоятельной работы, успешности выполнения контрольных работ.

5.1. Оценочные мероприятия и формирование оценки

Оценка качества освоения дисциплины обучающимся осуществляется с использованием бальной системы. Перечень оценочных мероприятий и максимальное количество баллов, которое может быть получено обучающимся в результате каждого мероприятия, приведены в таблице.

Оценочное мероприятие	Максимальное число баллов
Промежуточные тесты (по разделам дисциплины), суммарно	15
Итоговый тест	15
Подготовка реферата (самостоятельная работа)	10
Дифференцированный зачет	60
Максимальный суммарный балл	100

На дифференцированном зачете аспиранту выставляется оценка и соответствующее ей число баллов:

«Отлично»: 48—60 баллов.

«Хорошо»: 35—47 баллов.

«Удовлетворительно»: 13—34 балла.

«Неудовлетворительно»: 12 баллов и менее.

Итоговая оценка качества освоения дисциплины определяется величиной суммарного балла:

«Отлично»: 81—100 баллов.

«Хорошо»: 61—80 баллов.

«Удовлетворительно»: 41—60 баллов.

«Неудовлетворительно»: 40 баллов и менее.

5.2. Соответствие оценочных мероприятий (компонентов ФОС) дисциплины формируемым компетенциям, перечисленным в п. 1.3

Компонента ФОС, оценочное мероприятие	Компетенции					
	ОПК-1	ПК-1	ПК-2	УК-1	УК-2	УК-3
Промежуточные тесты (по разделам дисциплины)	+	+	+			
Итоговый тест	+	+	+			
Подготовка реферата (самостоятельная работа)	+	+	+	+	+	
Дифференцированный зачет	+	+	+	+		+

5.3. Перечень вопросов текущего контроля и самоконтроля

Раздел 1

1. Общая характеристика лазерных технологий.
2. Преимущества лазерных технологий.
3. Характеристика технологических лазеров (ТЛ), лазерных технологических установок (ЛТУ) и лазерных технологических комплексов (ЛТК).

Раздел 2

4. Технологические лазеры (твердотельные, газовые, полупроводниковые) и области их применения.
5. Структурная оптическая схема ЛТУ. Особенности пучков в ЛТУ. Простейшая оптическая схема ЛТУ. Основные параметры пучка.
6. Активные среды твердотельных и газовых лазеров. Их основные характеристики.
7. Газовые лазеры. Преимущества, недостатки.
8. Принцип и механизм работы эксимерных лазеров, параметры излучения.
9. Схемы предыонизации и возбуждения.
10. Типы объемных разрядов, используемые для возбуждения газовых лазеров.
11. Примеры выпускаемых эксимерных лазеров, их параметры.
12. Эксимерные лазеры, разработанные в ИСЭ СО РАН.
13. Принцип и механизм работы CO₂ лазера, параметры излучения.
14. Типы разрядов и прокачки рабочей смеси CO₂ лазера.
15. Типы CO₂ лазеров (с поперечной (БПЛ) и продольной (ЛДО) накачкой).
16. Твердотельные лазеры. Принцип работы. Преимущества и недостатки.
17. Устройства квантрона твердотельного лазера.
18. YAG-лазеры с ламповой и диодной накачкой.
19. Простейшая оптическая схема ТЛ с плоскими зеркалами резонатора.
20. Волоконные твердотельные лазеры.
21. Функциональная схема лазера Квант-9, принцип работы. Параметры пучка, области применения.
22. Полупроводниковые лазеры. Принцип работы, параметры.

Раздел 3

23. Селекция угловых мод в ТЛ. Установка внутрирезонаторной диафрагмы и телескопа. Параметры пучка.
24. Простейшая схема ТЛ со сферическим резонатором. Конфокальный резонатор. Параметры гауссова пучка низшей моды.
25. Фокусировка пучка одиночной линзой. Пределы фокусировки.
26. Фокусировка пучка с применением телескопической системы. Пределы фокусировки.
27. Транспортировка пучка в свободном пространстве и по оптическому волокну.
28. Фокусировка пучка зеркальными объективами. Проекционные и аксиальные линзовые системы.

Раздел 4

29. Тепловое действие лазерного излучения (ЛИ) на материалы.
30. Особенности лазерной закалки.
31. Схема ЛТУ для лазерной закалки.
32. Сварка материалов малых толщин.
33. Схема ЛТУ для лазерной сварки.
34. Газолазерная резка металлов.
35. Газолазерная резка металлов в ИПР.
36. Газолазерная резка диэлектриков пучком непрерывного действия.
37. Газолазерная резка диэлектриков в ИПР.

38. Сверление отверстий одиночным импульсом.
39. Сверление отверстий в диэлектриках в ИПР.
40. Лазерные дальномеры и локаторы. Схемы и работа.
41. Лазерный гироскоп. Устройство и работа. Точность измерений.
42. Простейшая схема оптоволоконного канала лазерной связи. Преимущества лазерной связи.
43. Оптическая схема установки для УЛТС. Нагрев мишени и ее сжатие.
44. Применение лазеров в военном деле.
45. Применение лазерных установок в терапии и хирургии.

Рабочая программа составлена на основании:

федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлениям подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденных приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 867;

- паспорта специальности научных работников 01.04.05 — оптика;

- программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 01.04.05, утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 г. № 274.

Составитель рабочей программы
главный научный сотрудник,
д.ф.-м.н., профессор

_____ В. Ф. Лосев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена ученым советом ИСЭ СО РАН.
Протокол № 13 от «24» августа 2018 г.

Секретарь ученого совета, д.ф.-м.н.

_____ И. В. Пегель

Дополнения и изменения в рабочей программе
за _____ / _____ учебный год

В рабочую программу дисциплины «Мощные импульсные газовые лазеры» вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании ученого совета ИСЭ СО РАН.
Протокол № ____ от « » _____ 20 ____ г.

Секретарь ученого совета

подпись

Ф. И. О.