

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИФВТ

А.Н.Яковлев

«09» 02 2016 г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Направление (специальность) ООП	12.03.02 Опотехника		
Профиль(и) подготовки (специализация, программа)	«Оптико-электронные приборы и системы»		
Квалификация (степень)	БАКАЛАВР		
Базовый учебный план приема (год)	2016		
Курс	4	Семестр	8
Количество кредитов	6		
Код дисциплины	Б1. ВМ5.1.9.1		

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по ОФ
Лекции, ч	44
Практические занятия, ч	11
Лабораторные занятия, ч	22
Аудиторные занятия, ч	77
Самостоятельная работа, ч	139
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен
Обеспечивающая кафедра	ЛиСТ

Заведующий кафедрой  к.ф.-м.н., доцент Яковлев А. Н.

Руководитель ООП  д.ф.-м.н., профессор Штанько В. Ф.

Преподаватель  д.ф.-м.н., профессор Ципилев В. П.

2016 г.

1 Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Лазерные технологии и оборудование» является формирование целостного представления о мощных импульсных лазерных, их активных средах, способах возбуждения, методов формирования качественного излучения и области их применения.

В результате освоения данной дисциплины студент приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей **Ц2, Ц3 и Ц5** основной образовательной программы 12.03.02 «ОпTOTехника» при подготовке бакалавров.

Дисциплина нацелена на подготовку бакалавров:

- крешению научно-исследовательских задач: поиску и реализации способов формирования лазерных импульсов высокой мощности и требуемого распределения её по сечению пучка, способов преобразования и транспортировки таких импульсов без потерь энергии и пространственно-угловых характеристик (яркости);
- к производственно-технологической работе в области элементной базы технологических и исследовательских лазеров, в приемах управления лазерным излучением и в основных направлениях и тенденциях развития лазерной техники;
- к решению материаловедческих задач: подбору оптимальных оптических материалов и изделий для задач генерации и транспортировки мощных импульсов лазерного излучения с учетом распределения мощности по сечению пучка и спектрального состава излучения;
- к поиску и анализу профильной научно-технической информации, необходимой для решения конкретных инженерных задач, в том числе при подборе типовых узлов для создания лазеров различного назначения, юстировке лазерных систем, математической оценке параметров лазерных установок при их конструировании;
- к решению метрологических задач: умению контролировать выходные параметры излучения, использовать необходимое оборудование для измерения характеристик лазерного излучения;
- к решению управленческих задач: умению наладить эффективное взаимодействие групп, обслуживающих производство и эксплуатацию мощных лазерных установок, осуществлению контроля за соблюдением правил техники безопасности при работе с лазерным излучением, высоковольтным оборудованием, газовыми смесями и прочее.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Лазерные технологии и оборудование» относится к вариативному междисциплинарному профессиональному модулю (ВМ5) подпункту «Оптико-электронные приборы и системы» (ВМ5.1).

Дисциплине «Лазерные технологии и оборудование» предшествует освоение следующих дисциплин (пререквизиты):

- Взаимодействие излучения с веществом
- Лазерная техника
- Оптические и световые приборы
- Прикладная оптика
- Проектирование осветительных установок

Содержание разделов дисциплины «Лазерные технологии и оборудование» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (корреквизиты):

- Оптико-электронные системы
- Спецглавы источников света
- Проектирование оптико-электронных приборов
- Проектирование архитектурного освещения

3 Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения) в т. ч. в соответствии с ФГОС.

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов освоения дисциплины					
	код	знания	код	знания	код	знания
Р1 (ПК-1, ОК-1), ОПК-8,					В.1.2	применения инструментария для решения математических, физических и химических задач в своей предметной области
Р2 (ОПК-2, ОК-7), ОПК-4,	32.1	основные тенденции и направления развития световой, оптической и лазерной техники, оптического и светотехнического материаловедения и оптических и светотехнических технологий	У.2.1	работать с первоисточниками научно-технической информации, выполнять патентный поиск анализировать полученную информацию	В.2.1	анализа и систематизирования научно-технической информации

Р3 (ПК- 4, 6, 10, 12, 18 ОПК-2)	3.3.2	основные типы и характеристики лазерных систем; элементную базу лазерной техники; технику безопасности при работе с лазерами	У.3.2	использовать современное оборудование для исследования оптических материалов	В.3.2	работы с мощным лазерным излучением; методами анализа и расчёта основных характеристик лазерных систем при проектировании приборов оптоэлектроники; методами определения параметров элементов лазерной техники
Р4 (ОПК-2,ПК- 1, 4, 5, ОПК-7)	3.4.3	основные принципы построения, методы проектирования и расчета оптической, световой и лазерной техники на базе системного подхода, включая этапы функционального, конструкторского и технологического проектирования на уровне элементов и узлов, требования стандартизации технической документации				

В результате освоения дисциплины «Лазерные технологии и оборудование» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
РД1	знать основные типы лазерных систем, их элементную базу
РД2	знать технику безопасности при работе с лазерными источниками излучения
РД3	знать методы и технику для измерений характеристик лазерного излучения
РД4	уметь самостоятельно выбирать наиболее подходящие методы и оборудование для исследований
РД5	уметь самостоятельно обучаться новым методам исследований
РД6	владеть навыками работы импульсным электрическим и оптическим оборудованием

4 Структура и содержание дисциплины

Раздел 1. Принципы в основе работы лазеров

Темы лекционных (и практических) занятий:

- Введение в дисциплину, ее цели и задачи;
- Основные понятия лазерной техники, вынужденное излучение, инверсная населенность, усиление и генерация излучения.

Раздел 2. Основные параметры импульсно-периодических лазеров

Темы лекционных (и практических) занятий:

- Импульсные твердотельные лазеры;
- Параметры пучков излучения (энергия импульса; длительность импульса, спектральный состав, угловые характеристики) и связь между ними. Способы управления параметрами (длительностью, длиной волны, расходимостью);
- Волоконные лазеры.

Лабораторная работа № 1:

«Импульсно-периодический лазер LQ-929 с кольцевым резонатором»
(ч. I, устройство и основные характеристики, измерение энергетических и временных параметров, изучение энергетического канала, формирование пучка, визуализация отпечатка на фотопленке)

Раздел 3. Преобразование лазерных пучков

Темы лекционных (и практических) занятий:

- Фокусировка лазерного пучка;
- Транспортировка лазерного излучения;
- Транспортировка по оптическому волокну.

Лабораторная работа № 2:

«Импульсно-периодический лазер LQ-929 с кольцевым резонатором»
(ч. II, изучение многоканальной синхронной схемы регистрации процессов по свечению фотопленки).

Раздел 4. Лазерная обработка материалов

Темы лекционных (и практических) занятий:

- Физические процессы при лазерном нагреве материала;
- Численное моделирование процессов взаимодействия лазерного излучения с веществом;
- Лазерная сварка, резка и размерная обработка металлов и диэлектриков, в том числе и биотканей;
- Лазерная гравировка металлов и диэлектриков;
- Эксимерная коррекция зрения.

Лабораторная работа № 3:

«Исследование лазерного испарения пленок различной толщины на лазерном исследовательском стенде (LQ929; 1064 нм; 10 нс)» (измерение энергетических порогов разрушения, анализ свечения, расчет энергетики испарения, сравнение результата расчета с экспериментом).

Раздел 5. Другие применения лазеров

Темы лекционных (и практических) занятий:

6.1. Применение в промышленных технологиях и медицине:

- лазерная резка и сварка, сверление отверстий, лазерная гравировка и маркировка;

- лазерная резка и сварка биоткани, лазерная хирургия глаза.
- 6.2. Перспективы применения ИПЛ в управляемом термоядерном синтезе;
- 6.3. Применение импульсных лазеров в военном деле.

Лабораторная работа № 4:

«Исследование лазерного расплава и испарения пленок и пластин на установке BlackLight» (испарение пленок и пластин различной толщины, анализ свечения, спектральный состав, расчет температуры процесса).

Раздел 6. Состав и элементная база исследовательских лазерных комплексов

Темы лекционных (и практических) занятий:

- Структура комплексов (энергетический канал, каналы синхронизации и регистрации параметров);
- Фотодетекторы с высоким временным разрешением;
- Быстродействующие осциллографы (цифровые);
- Монохроматоры, спектрографы, акустические датчики, визуализаторы пучка;
- Устройства и способы синхронных многопараметрических измерений.

Лабораторная работа № 5:

«Подготовка и нанесение рельефных изображений (большая глубина испарения) с помощью гравера Мини-маркер 2м20. Нанесение изображений в объеме прозрачных диэлектриков (стекло, оргстекло)» (расчет параметров пучка, фокусировки, расчет энергетика, программирование и нанесение глубоких рисунков на поверхности и в объеме стекла).

Лабораторная работа № 6:

Исследование режимов гравировки и резки диэлектриков на гравере Trotec Speedy 300 (изучение параметров пучка, схем фокусировки, манипулятора пучка, нанесение рисунков и маркировочных символов на древесине, стекле, оргстекле, резине, измерение разрушенного объема, энергозатрат (уравнение баланса), сопоставление расчета с экспериментом).

6 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1 Текущая и опережающая самостоятельная работа студентов (СРС)

6.1.1 Цели СРС направлены на углубление и закрепление знаний, а также развитие практических умений заключающихся в:

- работе студентов с лекционным материалом;
- поиске и анализе литературы и электронных источников информации по заданной проблеме;
- выполнении домашних заданий;
- переводе материалов из тематических информационных ресурсов с иностранных языков;

- изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- изучении теоретического материала к лабораторным занятиям;
- изучении инструкций к приборам и подготовке к выполнению лабораторных работ;
- подготовке к экзамену.

6.1.2 Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Электрические схемы мощных импульсных лазеров;
- Разрушение оптических элементов при транспортировке мощного лазерного излучения;
- Передача излучения по оптическому волокну;
- Структура исследовательских комплексов;
- Фотодетекторы с высоким временным разрешением;
- Быстродействующие осциллографы (цифровые);
- Монохроматоры, спектрографы, акустические датчики, визуализаторы пучка;
- Без волоконные оптические схемы передачи мощного лазерного;
- Лазерная маркировка инструмента и других изделий из металла, алюминиевых, медных и титановых сплавов;
- Типы импульсно-периодических лазеров (СО₂-лазеры, эксимерные, ИПЛ на парах металлов).

6.2 Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР)

6.2.1 Цели ТСР направлены на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, включающих:

- поиск, анализ, структурирование и презентацию информации;
- анализ научных публикаций по определенной теме исследований;
- анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов;
- выполнение расчетно-графических работ;
- участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

6.2.2 Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Лазерные установки для гравировки алмазов;
- Лазерные установки для резки диэлектриков;
- Эксимерная коррекция зрения;

- Лазерные установки для закалки металлов и сплавов;
- Лазерные установки для сварки металлов и сплавов;
- Лазерные установки для фотодинамической терапии;
- Лазерные установки для офтальмологии;
- Лазерные установки для бескровной раскройке биотканей;
- Лазерные установки с оптоволоконными манипуляторами;
- Зависимость качества сварочного шва и реза от характеристик лазерного излучения;
- Перспективы развития волоконной оптики для транспортировки лазерных пучков.

7 Средства текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины

7.1 Оценка успеваемости

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам, следующим контролирующим мероприятиям:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение и защита индивидуальных заданий	РД1–РД6
Подготовка и защита отчетов по лабораторным работам	РД1–РД6
Сдача экзамена	РД1–РД6

7.2 Требования к содержанию экзаменационных вопросов

Экзаменационные вопросы распределены по билетам (по три в каждом). Первый вопрос связан с фундаментальными понятиями квантовой электроники и лазерной техники. При ответе на второй вопрос экзаменуемый должен объяснить суть предлагаемого явления или конструкционного решения, его необходимость и последствия игнорирования. Третий вопрос требует описания применения мощных лазерных импульсов в действующих или перспективных отраслях науки или промышленности.

7.3 Примеры экзаменационных вопросов

1. Основные определения (лазер, активная среда, резонатор, инверсная населенность, накачка);
2. Три типа внутриатомных переходов;
3. Модовый состав и угловая расходимость излучения, получение одномодового дифракционного пучка;
4. Усиление в активной среде;
5. Инверсная населенность уровней, методы создания инверсной населенности;

6. Вынужденные переходы и усиление потока в активной среде;
7. Устойчивые и неустойчивые резонаторы, резонаторы на грани устойчивости;
8. Продольные и угловые моды резонатора;
9. Длительность импульса, связь длительности со спектральным составом;
10. Длительность импульса, получение пикосекундных и фемтосекундных импульсов;
11. Длина волны излучения основных типов ИПЛ. Методы получения лазерной генерации на различных длинах волн;
12. Волоконные ИПЛ. Схема и способ накачки активной среды;
13. Основные параметры волоконных ИПЛ (мощность, частота следования, угловая расходимость);
14. Фокусировка пучка волоконного лазера;
15. Фокусировка лазерного пучка. Методы острой фокусировки;
16. Фокусировка лазерного пучка на удаленные объекты;
17. Активные элементы твердотельных лазеров (алюмоиттриевый гранат, стекло активированное неодимом);
18. Устройство квантрона;
19. Газоразрядные отпаянные лазеры;
20. Быстропроточные газовые лазеры;
21. Зеркала и отражающие элементы;
22. Электрооптический затвор с ячейкой Погкельса;
23. Транспортировка мощных пучков по оптическому волокну;
24. Типы манипуляторов лазерного пучка, преимущества и недостатки «летающей оптики»;
25. Оптические схемы твердотельных технологических лазеров;
26. Оптические схемы одномодовых и многомодовых лазеров;
27. Манипуляторы пучка гравиров «Мини-Маркер М10», «Мини-Маркер 2М20, «Trotec Speedy 300»;
28. Разрядный контур питания лампы накачки;
29. Встроенный и параллельный поджиги;
30. Поджиг «дежурной дугой»;
31. Зарядные блоки накопителей;
32. Измерение энергии лазерного пучка;
33. Технология нанесения рисунка методом сублимации.
34. Применение импульсных лазеров в военном деле;
35. Измерение временных параметров лазерного пучка;

36. Обычная и цветная гравировка железоуглеродистых и легированных сплавов. Способы получения. Технологические особенности
37. Применение ИПЛ в научных исследованиях. Структура лазерного исследовательского комплекса;
38. Исследовательские лазерные комплексы (схема энергетического канала);
39. Исследовательские лазерные комплексы (каналы регистрации, синхронизация каналов наблюдения);
40. Регистрирующая аппаратура лазерных исследовательских комплексов;
41. Применение ИПЛ при резке, сварке и гравировке металлов и диэлектриков;
42. Перспективы применения ИПЛ в управляемом термоядерном синтезе;
43. Опасные факторы при работе лазерной установки.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета» в действующей редакции.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 22 баллов);
- промежуточная аттестация (зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), на зачете студент должен набрать не менее 33 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок / под ред. В. Я. Панченко. — Москва: Физматлит, 2009. — 664 с.: ил..
2. Ковалев, Олег Борисович Физические основы лазерной резки толстых листовых материалов / О. Б. Ковалев, В. М. Фомин. — Москва: Физматлит, 2013. — 256 с.: ил
3. Лосев, Валерий Федорович Лазерные технологии и оборудование [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Ф. Лосев, В. П. Ципилев; Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 8.5 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия

печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader..

Дополнительная литература

1. Лосев, Валерий Федорович Физические основы лазерной обработки материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Ф. Лосев, Е. Ю. Морозова, В. П. Ципилев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 4.1 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — Заглавие с титульного экрана. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader..
2. Технология лазерной обработки конструкционных и инструментальных материалов в авиадвигателестроении : учебное пособие / Р. Р. Латыпов [и др.]; под ред. В. Ф. Безъязычного. — Москва: Машиностроение, 2007. — 234 с.: ил.
3. Алешин, Николай Павлович Современные способы сварки : учебное пособие / Н. П. Алешин, В. И. Лысак, В. Ф. Лукьянов. — Москва: Изд-во МГТУ, 2011. — 60 с.: ил.
4. Плазменные, высокочастотные, микроволновые и лазерные технологии в химико-металлургических процессах / Ю. Н. Туманов. — Москва: Физматлит, 2010.
5. Евтушенко, Геннадий Сергеевич Лазерные системы в медицине [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Г. С. Евтушенко, А. А. Аристов; Томский политехнический университет. — 1 компьютерный файл (pdf; 1337 КВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2003. — Учебники Томского политехнического университета. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из сети НТБ ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader..

10 Материально-техническое обеспечение дисциплины


№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Аудитория для лекционных и практических занятий	Корпус 16В, 235 ауд., 20 рабочих мест
2	Лаборатория лазерной техники: Лазер ГОС-301 - 2шт. Лазер ГОС-1001 - 1шт. Лазер ЛТН-103 - 1шт. Лазер ИЛГН-704 - 1шт. Лазер ЛГ-56 - 1шт. Лазер ЛГ-38 - 1шт. Лазер ЛГН-109 - 1шт. Бл. Питания ВС-22 -2шт. Бл. Питания БНВ3-05 -5шт. ГенераторГ5-54 – 4шт. ГенераторГ5-56 – 2шт. ГенераторГЗИ-16 – 4шт. Приставка СОК-1 -4шт. Калориметр ИКТ-1Н -4шт. Калориметр ИКТ-1М -2шт.	Корпус 2, 032 ауд., 10 рабочих мест

<p>Калориметр ОСИЭ-А--2шт. Калориметр ОСИ СМ -2шт. Осциллограф С8-17 – 2шт. Осциллограф С8-14 – 3шт. Осциллограф С8-12 – 1шт. Скоростная камера СКС-1М - 1шт. Скоростная камера ВФУ-1 - 1шт. Электронно-оптический регистратор ФЭР-7 - 1шт. Фотоэлемент ФЭК-09К- 3шт. Фотоумножитель – 4шт. Юстировочный столик -15шт. Оптическая скамья- 15шт. Микроскоп МБС-9 – 1шт. Компьютер -5шт.</p>	
---	--

Программа составлена на основе СУОС ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки 12.03.02 «ОпTOTехника».

Программа одобрена на заседании кафедры лазерной и световой техники ИФВТ (протокол № 219 от «08» февраля 2016 г.).

Автор  Ципилев В. П.

Рецензент  Степанов С.А.