

**ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**КАФЕДРА ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Направление	03.06.01 Физика и астрономия
Профиль направленности	Лазерная физика (в области взаимодействия лазерного излучения с веществом)
Форма обучения	очная

Семестр	Интерактив	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
6		3	108	17	17	0	38	0	Э
ИТОГ О	0	3	108	17	17	0	38	0	

## АННОТАЦИЯ

Целью курса является изучение физических основ современной лазерной технологии. Рассматриваются физические процессы взаимодействия лазерного излучения с металлами, полупроводниками и другими непрозрачными средами, принципы построения лазерных технологических установок, устройство мощных лазеров. Обсуждаются проблемы и перспективы лазерных технологий в металловедении, микроэлектронике, лазерной химии, контроле технологических процессов и др

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс введен в связи с постоянно развивающимся внедрением различных лазерных технологических процессов во все области промышленности и в научные исследования. Курс связывает теоретические знания, полученные аспирантами при изучении фундаментальных дисциплин, физики твердого тела и квантовой электроники с решением прикладных задач науки и техники. Знание курса обеспечивает глубокое понимание процессов взаимодействия лазерного излучения с веществом, позволяет правильно выбрать тот или иной лазер и сконструировать установку для проведения конкретной технологической операции, способствует скорейшему внедрению теоретических знаний, накопленных выпускниками аспирантуры в практику.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина входит в вариативную часть блока Б1 и читается аспирантам на 3 курсе.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими дисциплинами, изучаемыми аспирантами на предыдущих уровнях образования:

- атомная физика,
- квантовая механика,
- квантовая электроника,
- физика конденсированного состояния вещества.

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ/ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1

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-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития

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

ПК-1 Умение самостоятельно формулировать научные задачи, моделировать физические процессы с разработкой программного обеспечения, разрабатывать новые приборы и методы, проводить экспериментальные и теоретические исследования, обрабатывать и анализировать полученные результаты в современных экспериментах

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

знать

- Механизмы передачи энергии лазерного излучения металлам, полупроводникам и диэлектрикам

- Результаты аналитического решения уравнения теплопроводности при нагреве вещества лазерным излучением

- Принципы устройства лазерных технологических установок на основе твердотельных и мощных СО<sub>2</sub> лазеров

- Основные принципы использования лазерного излучения в производстве интегральных схем

- Основные физические методы лазерного разделения изотопов

уметь

- оценить характер нагрева поверхности металлов и полупроводников при различных соотношениях энергетических параметров

- использовать полученные теоретические знания для описания и оценочных расчетов параметров лазеров, необходимых для выполнения реальных технологических процессов

- построить оптимальную схему оптической системы для выполнения конкретного технологического процесса

владеть

- основными уравнениями, моделями и расчетными соотношениями, описывающими и характеризующими процесс воздействия лазерного излучения на вещество

- основными методами анализа результатов воздействия лазерного излучения на металлы, полупроводники и другие непрозрачные среды

### **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции, час.	Практ. занятия / семинары, час.	Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**
	<i>6 Семестр</i>							
1	Первый раздел	1-8	8	8			КИ, 8	25
2	Второй раздел	9-17	9	9			КИ, 17	25
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		17	17	0			50
	<b>Контрольные мероприятия за 6 Семестр</b>						Э	50

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	17	17	0
1	<b>Введение</b> Классификация лазерных технологических процессов	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
2	<b>Физические процессы передачи энергии лазерного излучения металлам при поглощении</b> Физические процессы передачи энергии лазерного излучения металлам при поглощении. Характерные времена энергетической релаксации при взаимодействии лазерного излучения с металлами.	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
3	<b>Механизмы поглощения лазерного излучения полупроводниковыми материалами</b> Механизмы поглощения лазерного излучения полупроводниковыми материалами	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
4	<b>Поглощающая и отражательная способности металлов</b> Пространственно-временные характеристики лазерного излучения, как источника тепла	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
5	<b>Дифференциальное уравнение теплопроводности</b> Дифференциальное уравнение теплопроводности	Всего аудиторных часов		
		1	1	

	(постановка задачи, начальные и краевые условия для лазерного излучения, как источника тепла). Дифференциальное уравнение теплопроводности (решение в одномерном случае).	Онлайн		
6	<b>Критические плотности мощности лазерного излучения</b> Характерные скорости нагрева металла при поглощении лазерного излучения. Характерные скорости охлаждения металла при поглощении лазерного излучения. Градиент температуры при нагреве металла лазерным излучением (для решения одномерной задачи). Нелинейные задачи нагрева металла при поглощении лазерного излучения	Всего аудиторных часов	1	1
		Онлайн		
7	<b>Физические свойства лазерной плазмы</b> Физические свойства лазерной плазмы	Всего аудиторных часов	1	1
		Онлайн		
8	<b>Методы исследования</b> Физические методы исследования взаимодействия мощного лазерного излучения с веществом	Всего аудиторных часов	1	1
		Онлайн		
9	<b>Структурные схемы лазерных технологических установок</b> Структурные схемы лазерных технологических установок. Проблемы фокусировки мощного лазерного излучения. Проекционный способ обработки поверхности лазерным излучением. Оптические aberrации. Оптические системы и оптические материалы лазерных технологических установок.	Всего аудиторных часов	1	1
		Онлайн		
10	<b>Лазерные технологические установки на основе твердотельных лазеров</b> Лазерные технологические установки на основе твердотельных лазеров. Квантроны. Осветители. Активные элементы твердотельных лазерных технологических установок. Диодная накачка. Волоконные лазеры.	Всего аудиторных часов	1	1
		Онлайн		
11	<b>Классификация мощных газовых лазеров</b> К.П.Д. мощных CO <sub>2</sub> лазеров. Лазерные технологические установки на основе непрерывных CO <sub>2</sub> лазеров с диффузионным охлаждением. Лазерные технологические установки на основе быстропоточных CO <sub>2</sub> лазеров с продольной прокачкой. Лазерные технологические установки на основе быстропоточных CO <sub>2</sub> лазеров с поперечной прокачкой. Лазерные технологические установки на основе импульсных и импульсно-периодических CO <sub>2</sub> лазеров.	Всего аудиторных часов	1	1
		Онлайн		
12 - 15	<b>Лазерная технология полупроводников</b> Классификация лазерных технологических процессов в микроэлектронике. Лазерные операции подготовительного уровня. Лазерная очистка поверхности, геттерирование, улучшение свойств поверхности. Лазерные операции основного уровня: получение силицидов, окисление,	Всего аудиторных часов	4	4
		Онлайн		

	травление. Лазерные операции основного уровня: импульсный лазерный отжиг, лазерное легирование. Физические модели импульсного лазерного отжига полупроводников. Лазерное напыление тонких пленок. Лазерные операции завершающего уровня: скрайбирование, подгонка. Применение лазеров в технологии монтажа печатных плат.			
16 - 17	<b>Лазерная химия</b> фотофизические и фотохимические процессы. Лазерное разделение изотопов. Разделение изотопов для атомной энергетики.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия, а также самостоятельная работа аспирантов, заключающаяся в выполнении домашнего задания, изучении пройденного материала, подготовке к письменным тестам. Для того чтобы показать современное состояние дисциплины, предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме. Часть занятий проводится в интерактивной форме.

## 6. ТРЕБОВАНИЯ К ФОНДУ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ В РАМКАХ РЕАЛИЗУЕМОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Лазерная технология» является экзамен/

Для текущей аттестации используются тесты и две контрольные работы

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б 73 Волоконные технологические лазеры и их применение : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2018
2. ЭИ Б 82 Лазеры: устройство и действие : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2017
3. ЭИ К 56 Физические основы лазерной резки толстых листовых материалов : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2013
4. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
5. 621.7 X17 Электро-физико-химические методы обработки : учебник для машиностроительных специальностей вузов, Саров: Типография "Красный Октябрь", 2013
6. ЭИ М50 Лазерная технология : , А. П. Менушенков, Москва: МИФИ, 2008
7. 535 М50 Лабораторная работа "Лазерная технология" : , А. П. Менушенков, Б. М. Жиряков, В. Н. Петровский, М.: МИФИ, 2006
8. ЭИ М50 Физические основы лазерной технологии : учебное пособие для вузов, А. П. Менушенков, В. Н. Неволин, В. Н. Петровский, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621 М87 Мощные газоразрядные СО<sub>2</sub>-лазеры и их применение в технологии : , Абильситов Г.А., Велихов Е.П., Голубев В.С. и др., М.: Наука, 1984
2. 621.37 Р33 Промышленные применения лазеров : , Реди Дж.; Пер.с англ., М.: Мир, 1981
3. ЭИ О-75 Основы физических процессов в плазме и плазменных установках : учебное пособие для вузов, С. К. Жданов [и др.], Москва: МИФИ, 2007

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

### **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

Автор(ы):

Менушенков Алексей Павлович, д.ф.-м.н.,  
профессор

Рецензент(ы):

