

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель программы
аспирантуры
профессор Е.И. Пряхин

УТВЕРЖДАЮ

Декан механико-
машиностроительного факультета
профессор В.В. Максаров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

| | |
|--|---|
| Область науки: | 2. Технические науки |
| Группа научных специальностей: | 2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия |
| Научная специальность: | 2.6.17. Материаловедение |
| Отрасли науки: | Технические |
| Форма освоения программы аспирантуры: | Очная |
| Срок освоения программы аспирантуры: | 4 года |
| Составитель: | д.т.н., проф. Е.И. Пряхин |

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» составлена в соответствии:

– с требованиями Приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 г. № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов» и Постановления Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 г. № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре»;

– на основании учебного плана подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.6.17. Материаловедение.

Составитель:



д.т.н., проф. Е.И. Пряхин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры материаловедения и технологии художественных изделий «30» мая 2022 г., протокол № 11.

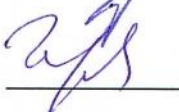
Рабочая программа согласована:

Декан факультета аспирантуры
и докторантуры



к.т.н. В.В. Васильев

Заведующий кафедрой
материаловедения и технологии
художественных изделий



д.т.н., проф. Е.И. Пряхин

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – формирование у аспирантов высокого уровня знаний в области обработки металлов и сплавов с применением современных лазерных технологий, а также сопровождения и применения лазеров в различных технологических процессах.

Основные задачи дисциплины:

- получение практических навыков в проведении проектных работ по созданию лазерного технологического оборудования и технологических процессов лазерной обработки для области прецизионного приборостроения;
- умение проводить инженерные оценки и расчеты лазерных технологических процессов и лазерного технологического оборудования;
- умение проводить разработку макетных образцов лазерного технологического оборудования и проводить их исследования с целью получения заданных параметров и характеристик самого оборудования и отработки технологического процесса лазерной обработки
- овладение методами и средствами определения комплекса физических характеристик материалов (механических, теплофизических, оптических, электрофизических и других), соответствующих целям их практического использования;
- овладение навыками использования соответствующего программного обеспечения и технологического оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» направлена на подготовку к сдаче промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета, входит в составляющую «Элективные дисциплины (модули)» образовательного компонента программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.6.17. Материаловедение, изучается в 4 семестре.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

знать: физические основы лазерной обработки металлов и сплавов;

уметь: использовать алгоритмы и модели технологических процессов с применением лазерного оборудования;

владеть навыками: повышения эффективности процессов лазерной обработки материалов и лазерного оборудования.

Уровень владения аспирантом знаниями, умениями и навыками по итогам освоения дисциплины определяется на основании результатов промежуточной аттестации в форме кандидатского экзамена.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» с учетом промежуточной аттестации по дисциплине составляет 36 академических часов, 1 зачётную единицу.

| Вид учебной работы | Всего ак. часов | Ак. часы по семестрам |
|---|-----------------|-----------------------|
| | | 4 |
| Аудиторные занятия, в том числе: | 12 | 12 |
| Лекции | 4 | 4 |
| Практические занятия | 8 | 8 |
| Самостоятельная работа аспирантов, в том числе | 24 | 24 |
| Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины. Подготовка устных сообщений | 14 | 14 |
| Освоение пакетов специализированных прикладных программ | 10 | 10 |
| Трудоемкость дисциплины | 36 | 36 |
| Вид промежуточной аттестации – дифференцированный зачет (ДЗ) | ДЗ | ДЗ |
| Общая трудоемкость дисциплины с учетом промежуточной аттестации | | |
| ак. час. | 36 | 36 |
| зач. ед. | 1 | 1 |

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование разделов | Виды занятий | | | | |
|-------|--|-----------------|----------|----------------------|---------------------|--|
| | | Всего ак. часов | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа аспиранта, в том числе курсовая работа (проект) |
| 1. | Технологические лазеры и лазерное излучение. Лазерные технологии в микроэлектронике. | 18 | 2 | 4 | - | 12 |
| 2. | Лазерное формообразование удалением материала. Лазерный нагрев, термообработка и сварка. | 18 | 2 | 4 | - | 12 |
| | Всего | 36 | 4 | 8 | - | 24 |
| | Итого: | 36 | | | | |

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

Дисциплина включает 2 темы, содержание которых направлено на изучение влияния фазового и структурного состава на свойства материалов.

Тема 1. Технологические лазеры и лазерное излучение. Лазерные технологии в микроэлектронике.

Основные характеристики технологических лазеров. Основные требования к параметрам технологических лазеров. Расчеты пороговых энергетических характеристик лазера. Пространственная когерентность и направленность излучения. Временная когерентность и монохроматичность. Фокусировка лазерного излучения. Модели лазеров. Лазерное нагревание и процессы, сопутствующие ему фазовые переходы, химические реакции, структурные превращения. Специфика нагрева и остывания материала при действии сверхкоротких лазерных импульсов. Уравнение теплопроводности и краевые условия.

Сущность и особенности лазерно-плазменного напыления. Напыление тугоплавких металлов, сложных полупроводников, получение многослойных структур типа сверхрешеток, высокотемпературных сверхпроводников, рентгеновских зеркал. Лазерное оборудование для нанесения пленок. Особенности поглощения и перераспределения лазерной энергии в полупроводниках. Управляемая кристаллизация и аморфизация.

Самостоятельная работа.

Освоение пакетов специализированных прикладных программ.

Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины по заданию преподавателя. Подготовка устного сообщения.

Тема 2. Лазерное формообразование удалением материала. Лазерный нагрев, термообработка и сварка.

Физико-технологические закономерности. Методы исследования, физические закономерности и технологические особенности процесса. Точность и качество формируемых отверстий, приемы их повышения. Лазерная резка, управляемое термораскалывание. Лазерная пайка. Лазерные установки для сварки и герметизации приборов. Термоупрочнение материалов лазерным излучением. Установки для лазерной термообработки. Лазерная микрометаллургия.

Самостоятельная работа.

Освоение пакетов специализированных прикладных программ.

Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины по заданию преподавателя. Подготовка устного сообщения.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении дисциплины «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки аспирантов.

Цели лекционных занятий:

— дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

— стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия, цель которых углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы аспиранта. На практических занятиях аспиранты делают краткие устные сообщения о результатах самостоятельной работы с последующим обсуждением при участии преподавателя.

Консультации (текущая консультация, накануне дифференцированного зачета) является одной из форм руководства учебной работой аспирантов и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа аспирантов направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим практическим занятиям и промежуточной аттестации в форме кандидатского экзамена.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Проведение текущего контроля успеваемости

Текущий контроль используется для оценки хода и уровня достижения аспирантом планируемых результатов освоения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса, консультирования аспирантов и проверки выполнения самостоятельной работы.

Основными формами текущего контроля по дисциплине являются:

- устный опрос аспиранта по контрольным вопросам (устный ответ);
- устное сообщение аспиранта о результатах выполненной самостоятельной работы (устный ответ).

6.2. Примерный перечень вопросов для текущего контроля успеваемости

Тема 1. Технологические лазеры и лазерное излучение. Лазерные технологии в микроэлектронике

1. Какие фундаментальные явления взаимодействия фотонов с веществом используются для генерации лазерного излучения?
2. Запишите выражение, определяющее вероятность спонтанного, вынужденного излучения или поглощения фотона.
3. Расшифруйте аббревиатуру LASER.
4. Какие существуют схемы создания инверсии заселенности энергетических уровней?
5. На каких активных средах изготавливаются твердотельные лазеры?
6. Какова толщина скин-слоя для металлов?
7. Почему металлы обладают высокой отражательной способностью?
8. Почему неверно отдельно рассматривать процессы плавления и испарения вещества?
9. Назовите виды лазерной обработки металлов и сталей.
10. Каковы особенности структурных превращений при лазерном нагреве сталей?
11. Запишите уравнение теплопроводности для условий лазерной обработки.
12. Как зависят параметры субструктуры сталей и механические свойства от скорости движения фронта кристаллизации при лазерной обработке?

Тема 2. Лазерное формообразование удалением материала. Лазерный нагрев, термообработка и сварка

1. Назовите области применения лазерной обработки.
2. Каковы перспективы развития литейного производства в машиностроении?

3. Как происходит лазерное формообразование удалением материала?
4. Назовите преимущества лазерной сварки.
5. Возможно ли лазерными методами модифицировать структуры для создания полупроводниковых материалов?
6. Какое лазерное оборудование применяют для нанесения пленок?
7. Какие физические основы лазерного модифицирования структуры полупроводников?
8. Перечислите особенности поглощения и перераспределения лазерной энергии в полупроводниках.
9. Можно ли производить сварку стекла лазерным излучением?
10. Применяется ли лазер для резки стеклянных труб?
11. Дайте характеристику процесса напыления тугоплавких металлов, сложных полупроводников.

6.3. Критерии оценивания устных ответов аспирантов

Развернутый ответ аспиранта должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

При оценке устного ответа аспиранта необходимо руководствоваться следующими критериями:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изучаемого материала;
- 3) знание терминологии и правильное ее использование;
- 4) соответствие требованиям рабочей программы по дисциплине.

Оценка **«зачтено»** за устный ответ ставится, если аспирант:

- 1) ориентируется в излагаемом материале, владеет базовой терминологией в объеме, предусмотренном рабочей программой дисциплины;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, подкрепляет теоретические положения примерами;
- 3) умеет структурировать содержание ответа в соответствии с поставленным вопросом;
- 4) не допускает (или допускает немногочисленные негрубые) ошибки при ответе; способен исправить допущенные им ошибки при помощи уточняющих вопросов преподавателя.

6.4. Проведение промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета

Сдача аспирантом промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета по дисциплине «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» осуществляется в порядке, утвержденном Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И РЕСУРСОВ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

7.1. Основная литература

1. Богданов, А.В. Теоретические основы лазерной обработки [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / А.В. Богданов, А.И. Мисюров, Н.А. Смирнова. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 23 с.
<https://e.lanbook.com/book/52096>

2. Григорьянц, А. Г. Лазерная обработка неметаллических материалов: учеб. пособие для вузов / А. Г. Григорьянц, А. А. Соколов. - М.: Высш. шк., 1988. - 187, [2] с.: ил.
3. Григорьянц, А. Г. Основы лазерной обработки материалов/ А. Г. Григорьянц. - М.: Машиностроение, 1989. - 301 с.
4. Лосев, В.Ф. Физические основы лазерной обработки материалов: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Ф. Лосев, Е.Ю. Морозова, В.П. Ципилев. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2011. — 199 с.
<https://e.lanbook.com/book/10277>
5. Физические основы лазерной техники : учеб. пособие / Б.Н. Пойзнер. — 2-е изд., доп. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 160 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Афонькин, М.Г. Формирование цветных структур на поверхности металла лазерным излучением: монография / М.Г. Афонькин, Е.В. Ларионова. – Спб.: изд. СЗТУ, 2010. – 205с.: ил.
2. Веденов, А. А. Физические процессы при лазерной обработке материалов / А. А. Ве-денов, Г. Г. Гладуш. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 205, [2] с.: граф., ил., табл.
3. Делоне, Н. Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом: курс лекций/ Н. Б. Делоне. - М.: Наука, 1989. - 277 с.: ил.
4. Электрофизические и электрохимические способы обработки материалов: Учебное пособие / М.Г. Киселев и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 389 с.

7.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

- Методические указания для самостоятельной работы аспирантов;
- Методические указания по практическим занятиям.

7.4. Ресурсы сети «Интернет»

1. Информационная справочная система «Консультант плюс».
2. Библиотека ГОСТов www.gostrf.com.
3. Сайт Российской государственной библиотеки. <http://www.rsl.ru/>
4. Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России. <http://www.gpntb.ru/>
5. Каталог образовательных интернет ресурсов <http://www.edu.ru/modules.php>
6. Электронные библиотеки: <http://www.pravoteka.ru/>, <http://www.zodchii.ws/>, <http://www.tehlit.ru/>.
7. Специализированный портал по информационно-коммуникационным технологиям в образовании <http://www.ict.edu.ru>

7.5. Электронно-библиотечные системы:

- ЭБС издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
- ЭБС издательства «Юрайт» <https://biblio-online.ru/>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>
- ЭБС «ZNANIUM.COM» <https://znanium.com>
- ЭБС «IPRbooks» <https://iprbookshop.ru>
- ЭБС «Elibrary» <https://elibrary.ru>
- Автоматизированная информационно-библиотечная система «Mark -SQL» <https://informsystema.ru>

7.6. Информационные справочные системы:

1. Система ГАРАНТ: информационный правовой портал [Электронный ресурс]. – Электр.дан. <http://www.garant.ru/>
2. Консультант Плюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. – Электр.дан. www.consultant.ru/
3. ООО «Современные медиатехнологии в образовании и культуре». <http://www.informio.ru/>.
4. Программное обеспечение Норма CS «Горное дело и полезные ископаемые» <https://softmap.ru/normacs/normacs-gornoe-delo-i-poleznye-iskopaemye/>
5. Информационно-справочная система «Техэксперт: Базовые нормативные документы» <http://www.cntd.ru/>.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Аудитории для проведения лекционных занятий, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Аудитория для проведения лекционных занятий: 30 посадочных мест, Стул – 31 шт., стол – 16 шт., доска маркерная – 1 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

Аудитория для самостоятельной работы, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: 13 посадочных мест, Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

8.2. Помещения для самостоятельной работы

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.