

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Лазеры в микро- и нанoeлектронике

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

11.04.04 - Электроника и нанoeлектроника

Направленность образовательной программы

Новые полупроводниковые технологии

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 Лазеры в микро- и нанoeлектронике относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способность разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач, строить физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1: Знает методы построения физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники ПК-1.2: Умеет использовать стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения ПК-1.3: Имеет навыки разработки алгоритмов решения задач и использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования	ПК-1.1: Знать общие принципы работы лазера, типы и конструкции технологических лазеров, лазерные технологические процессы, используемые в микро- и нанoeлектронике. ПК-1.2: Уметь использовать стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов, схем, устройств и установок лазерной техники ПК-1.3: Владеть навыками разработки алгоритмов решения задач и использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования. навыками работы с лазерной техникой и технологическими операциями лазерной обработки	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-7: Способность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и	ПК-7.1: Знает алгоритмы проектирования электронных приборов, схем и устройств различного	ПК-7.1: Знать основные физические принципы расчёта основных	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы

устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	функционального назначения в соответствии с техническим заданием ПК-7.2: Умеет использовать средства автоматизации проектирования ПК-7.3: Имеет навыки выполнения расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения	характеристик полупроводниковых приборов. ПК-7.2: Уметь использовать специализированные знания в области физики полупроводников и смежных областях для проектирования полупроводниковых приборов. ПК-7.3: Владеет навыками проектирования полупроводниковых приборов		
---	---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	30
- КСР	2
самостоятельная работа	24
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о

Перспективы развития лазерной техники и технологии.	3	2		2	1
Лазерное оборудование и технологические комплексы	3	2		2	1
Лазеры	3	2		2	1
Физические процессы при взаимодействии лазерного излучения с материалом	3	2		2	1
Лазерные технологические процессы в микро- и нанoeлектронике.	4	2		2	2
Лазерное легирование полупроводников	4	2		2	2
Лазерная абляция материала. Лазерное нанесение тонких плёнок	4	2		2	2
Лазерная обработка плёночных материалов. Лазерная маркировка и гравировка	4	2		2	2
Лабораторные работы	42		30	30	12
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	16	30	48	24

Содержание разделов и тем дисциплины

Перспективы развития лазерной техники и технологии. Физические основы лазерного излучения.

Свойства лазерного излучения.

Лазерное оборудование и технологические комплексы. Принципы работы, типы и конструкции технологических лазеров

Твердотельные лазеры. Принцип работы и конструкция. Газовые лазеры. Принцип работы и конструкция. Химические лазеры. Принцип работы и конструкция. Лазеры на полупроводниковых гетероструктурах. Принцип работы и конструкция

Физические процессы при взаимодействии лазерного излучения с материалом

Лазерные технологические процессы в микро- и нанoeлектронике. Лазерный отжиг и рекристаллизация

Лазерное легирование полупроводников

Лазерная абляция материала. Лазерное нанесение тонких плёнок

Лазерная обработка плёночных материалов. Лазерная маркировка и гравировка

Лабораторные работы: «Моделирование процесса распространения сигнала в оптическом волноводе с использованием программных пакетов Comsol»

Практические занятия (лабораторные работы) организуются в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает выполнение цикла лабораторных работ, в которых студенты, предварительно изучив предоставленную литературу на, соответствующую тематике дисциплины, обсуждают с преподавателем предложенную им задачу, при этом преподаватель проверяет в форме группового собеседования теоретические знания студентов (степень их подготовки), и принимает решение о допуске к выполнению практической части или необходимости дальнейшей дополнительной подготовке студентов.

В ходе собеседования преподаватель может задавать вопросы для проверки знаний студентов и высказывать конструктивные критические замечания к озвученным ответам, просить студентов уделить особое внимание какому-нибудь аспекту рассматриваемого устройства, или дополнительно ознакомиться/повторить содержательную часть предоставленных материалов.

В случае принятия решения о допуске к выполнению практической части работы, преподаватель в обязательном порядке знакомит студентов с правилами и техникой безопасности при работе, как с электрооборудованием, так и при работе с лазерными излучающими устройствами в том числе, предназначенных для работы в ИК диапазоне.

Самостоятельная работа студентов связана с применением компьютерных и информационно-коммуникационных технологий, а также современного исследовательского аналитического и технологического оборудования.

На проведение практических занятий (лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 30 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

Выполнение научно-исследовательских задач профессиональной деятельности: Сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи. Подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары. Фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности. Разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, подготовка отдельных заданий для исполнителей. Использование физических эффектов при разработке новых методов исследований и изготовлении макетов измерительных систем.

Выполнение проектно-конструкторских задач профессиональной деятельности: Анализ состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников. Определение цели, постановка задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготовка технических заданий на выполнение проектных работ. Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований. Разработка проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными требованиями.

- компетенций:

– ПК-1. Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач, строить физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

– ПК-7. Способность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лабораторного типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 30 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа студентов включает активное изучение лекционного материала, основной и вспомогательной учебной литературы, а также соответствующих разделов учебных и учебно-методических пособий, перечень которых приведен в п.7 настоящей рабочей программы дисциплины.

Основной целью самостоятельной работы является подготовка к выполнению лабораторных работ (практических занятий), анализ результатов, полученных в ходе выполнения лабораторных работ, а также решение задач, заданных преподавателем для самостоятельного разбора.

В случае отклонения студента от графика учебного процесса по какой-либо причине, в рамках самостоятельной работы может выделяться время на выполнение той части лабораторной работы, по которой имеет место отставание обучающегося от графика.

Для проведения самостоятельной работы обучающимся предоставляются свободные аудитории, доступ к компьютерной технике и, в случае необходимости, доступ к исследовательскому оборудованию, перечень которого приведен в п.8 настоящей рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Основные виды взаимодействия лазерного излучения с твёрдым телом.
2. Тепловые воздействия лазерного луча на твёрдое тело. Распределение энергии и температуры при лазерной обработке на поверхности и в объёме твёрдого тела.
3. Взаимодействие лазерного излучения с полупроводниковыми структурами. Виды поглощения излучения в полупроводниках.
4. Энергетические условия взаимодействия ЛИ при обработке материалов.
5. Тепловые процессы при лазерной обработке.
6. Термическое упрочнение поверхности металлов и сплавов лазерным излучением.
7. Получение поверхностных покрытий с применением лазерного излучения.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-7:

1. Оптические системы технологических лазеров.
2. Система автоматического управления технологическими лазерами и лазерными технологическими комплексами.
3. Основные технологические лазеры, применяемые для поверхностной обработки.

4. Технология рекристаллизации аморфных и поликристаллических кремниевых слоёв лазерным излучением.
5. Технология текстурирования поверхности лазерным излучением.
6. Лазерные технологии обработки структур «кремний на стекле».
7. Технология лазерной резки металлов.
8. Технология импульсной обработки материалов и лазерная обработка отверстий.
9. Лазерное технологическое оборудование для разделения материалов.
10. Технология лазерной сварки.
11. Лазерно-стимулированное осаждение диэлектрических и металлических плёнок.
12. Лазерные технологии в сборочно-монтажных операциях микроэлектроники.
13. Лазерная запись информации

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	предполагает удовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков), изложенных в программе курса
не зачтено	предполагает неудовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков), изложенных в программе курса

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые	Продemonстрированы все основные умения. Решены все	Продemonстрированы все основные умения. Решены все	Продemonстрированы все основные умения. Решены	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные

	вследствие отказа обучающегося от ответа	умения. Имели место грубые ошибки	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Физические основы лазерного излучения.
2. Механизм воздействия лазерного излучения на вещество.
3. Виды поглощения лазерного излучения веществом.
4. Влияние мощности излучения и концентрации примеси в подложке на процесс кристаллизации.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-7

1. Твердотельный лазер. Общий принцип работы и конструкция твердотельного лазера.
2. Газовый лазер. Общий принцип работы и конструкция газового лазера.
3. Химический лазер. Общий принцип работы и конструкция химического лазера.
4. Полупроводниковый лазер. Общий принцип работы и конструкция полупроводникового лазера.
5. Режимы лазерной обработки полупроводниковых структур.
6. Лазерные процессы в технологии обработки материалов.
7. Лазерные технологические операции в технологии микроэлектроники.
8. Преимущества лазерных технологий по сравнению со стандартными изотермическими процессами обработки полупроводников.
9. Технология лазерного отжига.
10. Лазерное легирование полупроводников.
11. Лазерная абляция материала.
12. Принцип технологии лазерной маркировки и гравировки материалов

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы

Оценка	Критерии оценивания
	одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Кондратенко В. С. Лазерная обработка материалов : методические указания к лабораторным работам / Кондратенко В. С., Рогов А. Ю. - Москва : РТУ МИРЭА, 2022. - 66 с. - Книга из коллекции РТУ МИРЭА - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=804346&idb=0>.
2. Лазерные технологии обработки материалов : соврем. проблемы фундамент. исслед. и приклад. разработок / под ред. В. Я. Панченко. - М. : Физматлит, 2009. - 664 с. - ISBN 978-5-9221-1023-5 : 220.00., 1 экз.
3. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 200201 "Лазерная техника и лазерные технологии" / под ред. В. И. Конова. - М. : Физматлит, 2008. - 312 с. - ISBN 978-5-9221-0934-5 : 297.66., 2 экз.
4. Киреев Петр Семенович. Физика полупроводников : [учеб. пособие для втузов]. - Изд. 2-е, доп. - М. : Высшая школа, 1975. - 584 с. - 1.37., 22 экз.
5. Борн М. Основы оптики / пер. с англ.: С. Н. Бреуса [и др.] ; под ред. Г. П. Мотулевич. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1970. - 855 с. - 85.00., 18 экз.
6. Кондратенко В. С. Лазерная обработка материалов : методические указания к лабораторным работам / Кондратенко В. С., Рогов А. Ю. - Москва : РТУ МИРЭА, 2022. - 66 с. - Книга из коллекции РТУ МИРЭА - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=804346&idb=0>.
7. Лазерные технологии обработки материалов : соврем. проблемы фундамент. исслед. и приклад.

разработок / под ред. В. Я. Панченко. - М. : Физматлит, 2009. - 664 с. - ISBN 978-5-9221-1023-5 : 220.00., 1 экз.

8. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 200201 "Лазерная техника и лазерные технологии" / под ред. В. И. Конова. - М. : Физматлит, 2008. - 312 с. - ISBN 978-5-9221-0934-5 : 297.66., 2 экз.

9. Киреев Петр Семенович. Физика полупроводников : [учеб. пособие для втузов]. - Изд. 2-е, доп. - М. : Высшая школа, 1975. - 584 с. - 1.37., 22 экз.

10. Борн М. Основы оптики / пер. с англ.: С. Н. Бреуса [и др.] ; под ред. Г. П. Мотулевич. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1970. - 855 с. - 85.00., 18 экз.

Дополнительная литература:

1. Карслоу Г. Теплопроводность твердых тел : пер. со 2-го англ. изд. / под ред А. А. Померанцева. - М. : Наука, 1964. - 487 с. : черт. - 2.11., 3 экз.

2. Рэди Дж. Действие мощного лазерного излучения / пер. с англ. В. А. Батанов и И. К. Красюка ; под ред. С. И. Анисимова. - М. : Мир, 1974. - 468 с. : ил. - 2.65., 2 экз.

3. Импульсный отжиг полупроводниковых материалов / [отв. ред. А. В. Ржанов] ; АН, Сиб. отд-ние, Ин-т физики полупроводников. - М. : Наука, 1982. - 208 с. : ил. - 2.30., 1 экз.

4. Александров Л. Н. Кинетика кристаллизации и перекристаллизации полупроводниковых пленок / отв. ред. Л. С. Смирнов ; АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т физики полупроводников. - Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1985. - 224 с. : ил. - 3.00., 2 экз.

5. Карслоу Г. Теплопроводность твердых тел : пер. со 2-го англ. изд. / под ред А. А. Померанцева. - М. : Наука, 1964. - 487 с. : черт. - 2.11., 3 экз.

6. Рэди Дж. Действие мощного лазерного излучения / пер. с англ. В. А. Батанов и И. К. Красюка ; под ред. С. И. Анисимова. - М. : Мир, 1974. - 468 с. : ил. - 2.65., 2 экз.

7. Импульсный отжиг полупроводниковых материалов / [отв. ред. А. В. Ржанов] ; АН, Сиб. отд-ние, Ин-т физики полупроводников. - М. : Наука, 1982. - 208 с. : ил. - 2.30., 1 экз.

8. Александров Л. Н. Кинетика кристаллизации и перекристаллизации полупроводниковых пленок / отв. ред. Л. С. Смирнов ; АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т физики полупроводников. - Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1985. - 224 с. : ил. - 3.00., 2 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. <http://www.lib.unn.ru/> - сайт Фундаментальной библиотеки ННГУ.

2. <http://www.unn.ru/books/> - фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ.

3. <https://biblio-online.ru/> - сайт электронной библиотеки «Юрайт», содержащий в открытом доступе книги по отдельным разделам дисциплины.

4. <https://e.lanbook.com> – сайт электронно-библиотечной системы «ЛАНЬ», содержащий в открытом доступе книги по отдельным разделам дисциплины.

5. <http://www.sciencedirect.com> – сайт международного издательства «Elsevier», публикующего статьи и монографии по актуальным направлениям физики конденсированного состояния и физического материаловедения, совпадающим с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.

6. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - российская научная электронная библиотека «Elibrary», публикующая статьи, тематика которых совпадает с тематикой отдельных разделов

преподаваемой дисциплины.

7. <http://znanium.com> – сайт электронно-библиотечной системы «Znanium.com», содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.

8. <http://eqworld.ipmnet.ru/> - сайт электронной библиотеки EqWord, содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.

1. Моделирование процессов плавления и кристаллизации монокристаллического кремния при воздействии наносекундного лазерного излучения. Жвавый С.П. Журнал технической физики, т. 70, вып. 8, 2000, стр. 58-62.
2. Обзор литературы по взаимодействию лазерного излучения с различными типами материалов в различных режимах. Алиханов А.Н., Бакеев А.А., Берченко Е.А. и др. ОКБ “СОЛТО”, 2000.
3. Теоретическое моделирование взаимодействия лазерного излучения с алюминием, германием, кремнием и стёклами. Алиханов А.Н., Бакеев А.А., Берченко Е.А. и др. ОКБ “СОЛТО”, 1999.
4. Влияние условий получения и отжига на оптические свойства аморфного кремния. Машин А.И., Ершов А.В., Хохлов Д.А. Физика и техника полупроводников, т. 32, № 7, 1998, стр. 879-881.
5. Влияние условий получения и отжига на оптические свойства аморфного кремния. Машин А.И., Ершов А.В., Хохлов Д.А. Физика и техника полупроводников, т. 32, № 11, 1998, стр. 1390-1392.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 11.04.04 - Электроника и наноэлектроника.

Автор(ы): Дорохин Михаил Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Нохрин Алексей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 09.01.2024, протокол № б/н.