

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**

Оптика метаматериалов

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

11.04.04 - Электроника и наноэлектроника

---

Направленность образовательной программы

Новые полупроводниковые технологии

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина ФТД.01 Оптика метаматериалов является факультативом в образовательной программе.

## 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-4: Готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, и способность обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	ПК-4.1: Знает тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники ПК-4.2: Способен рассчитывать предельно допустимые и предельные режимы работы изделий микро- и наноэлектроники ПК-4.3: Имеет навыки обоснованного выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и наноэлектроники	ПК-4.1: Знать: - современные системы оптической связи; - базовые знания о принципах работы волоконно-оптической системы связи  ПК-4.2: Уметь: - проектировать и анализировать системы оптической связи и их компоненты. - анализировать типичные проблемы, связанные с проектированием и функционированием волоконно-оптических систем связи.  ПК-4.3: Владеть: - навыком анализа различных аспектов систем оптической связи. - навыком анализа типичных проблем, связанных с волоконно-оптическими системами связи.	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>1</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>36</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	3
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

### 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	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Системы оптической связи: введение и обзор	5	5		5	0
Оптическое усиление. Лазерная динамика. Шумы в оптических и электронных частях оптической системы связи. Модуляторы света	5	5		5	0
Собственные моды в оптических волноводах. Собственные моды в диэлектрических и плазмонных волноводах.	5	5		5	0
Приемники некогерентных и когерентных сигналов.	5	5		5	0
Классическая теория информации	5	5		5	0
Полупроводниковый лазер	10	7		7	3
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	36	32	0	33	3

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Системы оптической связи: введение и обзор. Основы фотоники. Уравнения Максвелла, фотоны, волны, поляризация, поглощение, пропускание, отражение, преломление и т. д. Квантовая теория взаимодействия света и вещества. Взаимодействие света с веществом рассмотрено на основе подхода матрицы плотности.

Оптическое усиление. Лазерная динамика. Шумы в оптических и электронных частях оптической системы связи. Модуляторы света. Форматы модуляции. Оптический угловой момент (вихри) как усовершенствованное мультиплексирование с пространственным разделением. Собственные моды в оптических волноводах. Собственные моды в диэлектрических и плазмонных волноводах. Волоконные и плоские волноводы/резонаторы. Распространение импульсов в волноводах. Оптические усилители. Приемники некогерентных и когерентных сигналов. Аналитическая оценка частоты битовых ошибок. Экспериментальные испытательные установки для оптической связи. Оптическая обработка/регенерация сигналов. Классическая теория информации. Обзор классической теории информации. Пропускная способность оптического канала. Эффективность некогерентных и когерентных идеальных систем связи. Полупроводниковый лазер. Модель Ланга–Кобаяши, полоса модуляции, ширина линии. Лазерно-волоконная связь, схема управления, упаковка. Микро/нанофотоника для оптической связи. Фотонные интегральные схемы – проектирование, изготовление, испытания

#### **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.

Программа курса ориентирована на возможность расширения и углубления знаний, умений и навыков магистранта для успешной профессиональной деятельности. 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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-4:**

1. Уравнения Максвелла, фотоны, волны, поляризация, поглощение, пропускание, отражение, преломление и т. д.
2. Квантовая теория взаимодействия света и вещества.
3. Оптическое усиление. Лазерная динамика.
4. Шумы в оптических и электронных частях оптической системы связи.
5. Модуляторы света. Форматы модуляции.
6. Оптический угловой момент (вихри) как усовершенствованное мультиплексирование с пространственным разделением.
7. Собственные моды в оптических волноводах.
8. Собственные моды в диэлектрических и плазмонных волноводах.
9. Волоконные и плоские волноводы/резонаторы. Распространение импульсов в волноводах.
10. Оптические усилители.

11. Приемники некогерентных и когерентных сигналов.
12. Аналитическая оценка частоты битовых ошибок.
13. Классическая теория информации.
14. Пропускная способность оптического канала. Эффективность некогерентных и когерентных идеальных систем связи.
15. Полупроводниковый лазер. Модель Ланга–Кобаяши, полоса модуляции, ширина линии.
16. Лазерно-волоконная связь, схема управления, упаковка.
17. Фотонные интегральные схемы – проектирование, изготовление, испытания

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.
не зачтено	полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации

## 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 вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

			полном объеме	объеме, но некоторые с недочетами	с недочетами .	недочетам и, выполнен ы все задания в полном объеме	
<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-4**

1. Уравнения Максвелла, фотоны, волны, поляризация, поглощение, пропускание, отражение, преломление и т. д.
2. Квантовая теория взаимодействия света и вещества.

3. Оптическое усиление. Лазерная динамика.
4. Шумы в оптических и электронных частях оптической системы связи.
5. Модуляторы света. Форматы модуляции.
6. Оптический угловой момент (вихри) как усовершенствованное мультиплексирование с пространственным разделением.
7. Собственные моды в оптических волноводах.
8. Собственные моды в диэлектрических и плазмонных волноводах.
9. Волоконные и плоские волноводы/резонаторы. Распространение импульсов в волноводах.
10. Оптические усилители.
11. Приемники некогерентных и когерентных сигналов.
12. Аналитическая оценка частоты битовых ошибок.
13. Классическая теория информации.
14. Пропускная способность оптического канала. Эффективность некогерентных и когерентных идеальных систем связи.
15. Полупроводниковый лазер. Модель Ланга–Кобаяши, полоса модуляции, ширина линии.
16. Лазерно-волоконная связь, схема управления, упаковка.
17. Фотонные интегральные схемы – проектирование, изготовление, испытания

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.
не зачтено	полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации

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

Основная литература:

1. Серебренников А. М. Основы оптоинформатики: фурье-оптика, плазмоника и метаматериалы / Серебренников А. М. - Пермь : ПНИПУ, 2021. - 236 с. - Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия. - Книга из коллекции ПНИПУ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-398-02492-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=804312&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Астапенко Валерий Александрович. Электромагнитные процессы в среде, наноплазмоники и метаматериалы. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 584 с. - (Физтехковский учебник). - На обл. кн.: Учебник-монография по новейшим направлениям электродинамики сплошных сред. - ISBN 978-5-91559-111-9 : 1512.50., 1 экз.

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

а) основная литература:

1. G. P. Agrawal, "Fiber-optic communication systems", ISBN 0-471-21571-6, John Wiley & Sons Inc., New York, 2002.

б) дополнительная литература:

1. Fundamentals of Photonics, B.E.A. Saleh, M.C. Teich, 2007 9780471358329 Advanced Optical Communication Systems and Networks, M. Cvijetic, I. B. Djordjevic ISBN 9781608075553

2. S. Belotti etc., "Coherent optical communication systems", ISBN 0-471-57512-7, John Wiley & Sons Inc., 1995.

3. M. Cvijetic, I. B. Djordjevic: „Advanced Optical Communication Systems and Networks“, ISBN 13: 978-1-60807-555-3.

4. Katsunari Okamoto, "Fundamentals of Optical Waveguides", 3rd Edition - October 19, 2021, eBook ISBN: 9780128156025, Paperback ISBN: 9780128156018

## **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 нанoeлектроника.

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.