

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Базовая кафедра нанотехнологий в электронике
в ЯФ ФГБУН ФТИАН им. К. А. Валиева РАН

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета



И. С. Огнев
(подпись)

«23» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
«Основы фотоники»

Направление подготовки
11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (Профиль)
«Интегральная электроника и наноэлектроника»

Форма обучения
очная

Программа рассмотрена
на заседании базовой кафедры
нанотехнологий в электронике
протокол № 8 от «30» марта 2023 г.

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 г.

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Основы фотоники» является приобретение студентами теоретических знаний и прикладных аспектов, лежащих в основе работы источников и приемников излучения, устройств для контроля, передачи и преобразования оптических сигналов; формирование навыков теоретического анализа и экспериментальных исследований приборов и систем фотоники и радиофотоники, формирование умений, навыков и компетенций для решения реальных задач в будущей профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры

Дисциплина «Основы фотоники» относится к вариативной (дисциплины по выбору) части профессионального цикла (Б1) основной общеобразовательной программы 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника».

Освоение данной дисциплины базируется на знаниях, полученных в результате изучения дисциплин естественно-научного цикла и в том числе базовых курсов общей физики и химии, информатики, а также дисциплин профессионального модуля, таких как «Физика конденсированного состояния», «Физика полупроводников и низкоразмерных систем», «Физические основы электроники», «Физика поверхностных явлений», «Вакуумная и криогенная техника»

Дисциплина «Основы фотоники» относится к профессиональному циклу. Она формирует компетенции в области понимания физических основ и принципов функционирования базовых элементов и приборов фотоники, в частности полупроводниковых излучателей на основе квантоворазмерных структур и органических материалов, приемников оптического излучения, солнечных элементов, оптоволоконных и интегрально-оптических систем сбора, обработки и передачи информации, а также базовых принципов построения приборов фотоники; приобретение умений рассчитывать и проводить экспериментальные исследования основных параметров приборов и систем фотоники, разрабатывать и оценивать эффективность их использования в различных прикладных задачах; формирование базовых навыков теоретического анализа и экспериментальных исследований приборов и систем фотоники.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП магистратуры

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
ПК-1. Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.	<p>ИД_ПК-1.1. Знает принципы построения и функционирования изделий микро- и нанoeлектроники.</p> <p>ИД_ПК-1.2. Осуществляет расчет предельно-допустимых и предельных режимов работы изделий микро- и нанoeлектроники.</p> <p>ИД_ПК-1.3. Демонстрирует умение выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и нанoeлектроники.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные типы приборов фотоники, принципы их действия, характеристики и параметры; зависимости характеристик и параметров от условий эксплуатации, области применения; • основы анализа и расчета приборов фотоники; • основные технические и технологические решения в области фотоники <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать элементную базу фотоники для построения приборов и устройств фотоники; • экспериментально определять основные характеристики и параметры широко используемых приборов и устройств фотоники; • работать с технической литературой, ГОСТами и технической документацией; • решать задачи, связанные с явлениями фотоники, и применять принципы их решения для описания практически важных ситуаций; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами постановки задачи и методикой проведения эксперимента с использованием элементов фотоники; • приемами и алгоритмами решения задач фотоники; • методами исследовательской работы в области фотоники

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			Лекции	Практические	Лабораторные	Консультации	Аттестационные испытания	Самостоятельная работа	
1	Введение	3	2	2				2	
2	Основные параметры оптического излучения. Источники излучения	3	3		4			6	Задания для самостоятельной работы
3	Приемники оптического излучения и солнечные элементы.	3	4		4			6	Задания для самостоятельной работы
4	Приборы фотоники на основе органических материалов	3	2		4			6	Задания для самостоятельной работы
5	Оптические волноводы. Волоконно-оптические устройства и системы	3	2		2	2		7,7	Задания для самостоятельной работы
6	Элементы интегральной оптики. Радиофотоника	3	2		2	2		6	Задания для самостоятельной работы
7	Заключение	3	1					2	
	Всего за 3 семестр		16		16	4		35,7	
	Зачет						0,3		Зачет
	Всего		16		16	4	0.3	35.7	

Содержание разделов дисциплины:

4.1 Введение.

Предмет дисциплины и ее задачи. Стандартная терминология, основные понятия и определения. Краткий исторический очерк. Классификация приборов фотоники. Их роль в современной науке и технике. Связь с другими дисциплинами

4.2 Основные параметры оптического излучения. Источники излучения.

Волновые и корпускулярные свойства света. Законы и характеристики электромагнитных волн. Коэффициенты пропускания, поглощения, отражения. Основные типы оптических переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Энергетические состояния

квантовых систем. Нормальное и возбужденное состояния системы. Принцип излучения электромагнитной волны светодиодом. Внутренний и внешний энергетический выход. Структура и характеристики светодиода. Разновидности светодиода по структуре, конструкции, применяемым материалам. Светодиоды на основе квантоворазмерных наноструктур. Полупроводниковые лазеры. Типы лазеров. Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Лазеры на двойных гетероструктурах. Лазеры на основе квантовых ям. Мощные инжекционные лазеры.

4.3 Приемники оптического излучения и солнечные элементы.

Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения. Тепловые фотоприемники. Фотоэлектронные умножители. Полупроводниковые фотоприемники. Многоэлементные фотоприемники. Приборы с зарядовой связью и фотоприемные матрицы на их основе. Приемники оптических изображений.

Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения. Солнечное излучение и идеальная эффективность преобразования солнечные элементы на основе p-n переходов. Солнечные элементы на основе кремния. Тонкопленочные солнечные элементы. Солнечные элементы на гетеропереходах. Каскадные солнечные элементы. Солнечные элементы с использованием квантоворазмерных эффектов. Солнечные элементы с экстремально тонким поглощающим слоем. Солнечные элементы с устройствами повышения и понижения энергии падающих фотонов. Тандемные солнечные батареи с нанокластерами. Солнечные элементы на основе массивов квантовых точек. Солнечные элементы на основе перовскитов.

4.4 Приборы фотоники на основе органических материалов

Органические светодиоды. Материалы органических светодиодов. Структуры и характеристики органических светодиодов. Белые органические светодиоды. Методы изготовления органических светодиодов. Фосфоресцентные органические светодиоды. Методы улучшения оптического вывода излучения. Органические дисплеи и светоизлучающие панели. Органические фотодетекторы. Органические солнечные батареи. Эффективность органических солнечных батарей. Структуры с гетеропереходами. Структуры на основе фуллеренов.

4.5 Оптические волноводы. Волоконно-оптические устройства и системы

Оптические волноводы: классификация и характеристики. Передача оптических сигналов по волноводам. Волноводные моды. Круглые оптические волноводы. Типы и характеристики. Планарные оптические волноводы. Свойства, методы изготовления и области применения. Методы описания оптических волноводов. Оптические эффекты, приводящие к волноводному распространению электромагнитных волн. Нелинейнооптические эффекты, используемые в волноводных оптических переключателях. Волноводные разветвители. Круглые оптические волокна со ступенчатым профилем показателя преломления. Планарные гофрированные волноводы. Волноводные оптические переключатели

Характеристика и особенности оптической связи. Структурные элементы волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Излучатели и приемники, пассивные и активные элементы ВОЛС. Дисперсия и потери. Волоконные усилители и регенераторы. Волноводные коммутаторы оптических сигналов. Волноводные и волоконные датчики температуры. Волноводные оптические изоляторы и фильтры. Волноводные оптические переключатели на основе связанных волноводов. Числовая апертура. Волноводные и волоконные датчики электрического тока

4.6 Элементы интегральной оптики. Радиофотоника

Элементы интегральной оптики. Тонкопленочные волноводы. Основные компоненты интегрально-оптических схем. Интегрально-оптические модуляторы, фильтры,

переключатели, детекторы. Интегрально-оптические устройства на основе акустооптического эффекта. Микромеханические интегральные устройства. Элементы интегральной оптики на основе фотонных кристаллов. Оптические методы обработки информации. Сверхскоростные способы передачи и обработки информации.

Взаимодействие оптического излучения и СВЧ радиочастотного сигнала при приеме, передаче и обработке информации. Оптическая связь. Модули ВЧ/СВЧ для передачи сигналов.

4.7 Заключение

Актуальные проблемы фотоники и основные перспективы развития

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

Лабораторные работы - организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов и физических явлений.

Примерный перечень заданий для выполнения в лабораторном практикуме

- Исследование светодиодов;
- Исследование спектральных характеристик излучателей;
- Полупроводниковый инжекционный лазер;
- Исследование полупроводниковых фотодиодов;
- Исследование солнечных элементов;
- Исследование оптического излучения в ИК диапазоне (модель АЧТ)

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- для формирования текстовых и графических материалов промежуточной и текущей аттестации – программы Microsoft Office, графический редактор Inkscape;
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Панов М. Ф., Соломонов А. В. Физические основы фотоники [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 564 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/169030>
2. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 596 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/13347>
3. Сидоров А. И. Основы фотоники: физические принципы и методы преобразования оптических сигналов в устройствах фотоники. Учебное пособие. СПб.: ФГБОУ ВПО «СПб НИУ ИТМО», 2014 г. – 148 стр.

б) дополнительная литература

1. Ахманов С. А., Никитин С. Ю. Физическая оптика – Изд. МГУ. Наука, 2004.– 656 с.
2. Гуртов В. А. Оптоэлектроника и волоконная оптика — Петрозаводск: Изд во ПетрГУ, 2005. — 100 с.
3. Варданын В. А. Основы волноводной фотоники: учебное пособие для вузов — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 204 с.

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyl.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке <http://window.edu.ru/library>).

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитории, оборудованные для проведения лекций, лабораторных работ, практических, занятий и консультаций, фонд библиотеки, компьютерная техника.

Автор:

Доцент базовой кафедры
нанотехнологий в электронике, к.ф.-м.н.

(подпись) А.Б. Чурилов

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Основы фотоники»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Список тестовых вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной
аттестации**

1. Основные характеристики и свойства электромагнитного излучения оптического диапазона.
2. Классификация фотоприемников. Структура фоторезистора, фотодиода, фототранзистора. Технологии, используемые в их производстве
3. Фотонные кристаллы. Свойства и области применения.
4. Одно-, двух-и трехмерные фотонные кристаллы. Методы получения и основные свойства.
5. Зонная структура фотонного кристалла. Запрещенные фотонные зоны.
6. OD-и 1D-дефекты. Локализованные моды в фотонном кристалле с дефектом.
7. Оптические волокна на основе фотонных кристаллов.
8. Нелинейная поляризуемость кристалла и нелинейные оптические эффекты
9. Общая характеристика светодиодов. Материалы светодиодов.
10. Эффективность светодиодов. Особенности конструкции и характеристики. Гетеро светодиоды.
11. Светодиоды на основе квантоворазмерных наноструктур. Структуры на основе одинарных и множественных квантовых ям. Светодиоды на основе структур со сверхрешеткам. Светодиоды на квантовых точках.
12. Светодиоды на основе фотонных кристаллов.
13. Белые и RGB-светодиоды.
14. Светодиодные матрицы и лампы.
15. Полупроводниковые лазеры. Требования к активным материалам.
16. Полупроводниковые материалы, применяемые в оптоэлектронике и фотонике, их характеристики и свойства.
17. Спектры отражения и поглощения.
18. Дефекты в полупроводниковых кристаллах.
19. Влияние легирования на оптические свойства полупроводников.
20. Квантовые размерные эффекты в полупроводниках.
21. Полупроводниковые лазеры. Требования к активным материалам.
22. Наноматериалы на основе полупроводниковых частиц (квантовые точки), методы синтеза.
23. Наноматериалы на основе металлических частиц (кластеры, металлические наночастицы), методы получения.
24. Метаматериалы. Среды с отрицательным показателем преломления. Методы получения.
25. Оптические свойства композитных оптических материалов на основе металлических наночастиц.

26. Оптические свойства композитных оптических материалов на основе квантовых точек и полупроводниковых нанокристаллов.
27. Конструкция прибора с зарядовой связью (ПЗС), принцип его работы, материалы и технологии производства ПЗС
28. Конструкция и принцип работы солнечных элементов на основе кремния и арсенида галлия, технология их производства
29. Конструкция и принцип работы электронно-лучевых дисплеев, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве
30. Конструкция и принцип работы плазменных дисплейных панелей, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве
31. Конструкция и принцип работы электролюминесцентных и тонкопленочных экранов, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве
32. Конструкция и принцип работы жидкокристаллических дисплеев, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве
33. Конструкция и принцип работы полевых эмиссионных дисплеев, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве
34. Конструкция и принцип работы электрофоретических экранов, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве
35. Конструкция и принцип работы дисплеев на основе неорганических светодиодов, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве
36. Конструкция и принцип работы дисплеев на основе органических светодиодов, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве
37. Материалы, используемые для изготовления оптических волноводов
38. Оптические волноводы, материалы для волоконной оптики.
39. Оптические запоминающие устройства и материалы для них.

Список вопросов к зачету:

- 1 Фотонные кристаллы. Свойства и области применения.
- 2 Одно-, двух- и трехмерные фотонные кристаллы. Методы получения и основные свойства.
- 3 Зонная структура фотонного кристалла. Запрещенные фотонные зоны.
- 4 Одно- и двумерные фотонные пластинки.
- 5 OD- и Ю-дефекты. Локализованные моды в фотонном кристалле с дефектом.
- 6 Волноведущие системы на основе фотонных кристаллов с протяженными дефектами. Оптические волокна на основе фотонных кристаллов.
- 7 Нелинейная поляризуемость кристалла и нелинейные оптические эффекты.
- 8 Генерация гармоник. Условие фазового синхронизма.
- 9 Параметрические преобразователи и генераторы излучения. Системы с самофокусировкой излучения.
- 10 Общая характеристика светодиодов. Материалы светодиодов.
- 11 Эффективность светодиодов. Особенности конструкции и характеристики.
- 12 Гетеросветодиоды.
- 13 Светодиоды на основе квантоворазмерных наноструктур. Структуры на основе одинарных и множественных квантовых ям. Светодиоды на основе структур со сверхрешетками. Светодиоды на квантовых точках.
- 14 Светодиоды на основе фотонных кристаллов.
- 15 Белые и RGB-светодиоды.
- 16 Светодиодные матрицы и лампы.
- 17 Полупроводниковые лазеры. Требования к активным материалам.
- 18 Лазеры с электронной и оптической накачкой.

- 19 Инжекционные лазеры на гетеропереходах.
- 20 Лазеры на двойных гетероструктурах.
- 21 Основные характеристики полупроводниковых инжекционных лазеров.
- 22 Лазеры с раздельным оптическим и электронным ограничением.
- 23 Лазеры на основе квантовых ям.
- 24 Гетеролазеры с распределенной обратной связью.
- 25 Перестраиваемые полупроводниковые ИК-лазеры.
- 26 Мощные инжекционные лазеры, лазерные линейки и решетки.
- 27 Поверхностно-излучающие микролазеры на квантовых точках.
- 28 Каскадные лазеры.
- 29 Лазеры на основе фотонных кристаллов.
- 30 Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения.
- 31 Тепловые фотоприемники.
- 32 Фотоэлектронные умножители.
- 33 Полупроводниковые фотоприемники.
- 34 Многоэлементные фотоприемники.
- 35 Приборы с зарядовой связью и фотоприемные матрицы на их основе.
- 36 Приемники оптических изображений.
- 37 Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения.
- 38 Солнечное излучение и идеальная эффективность преобразования солнечные элементы на основе р-п-переходов.
- 39 Солнечные элементы на основе кремния.
- 40 Тонкопленочные солнечные элементы.
- 41 Солнечные элементы на гетеропереходах.
- 42 Каскадные солнечные элементы.
- 43 Солнечные элементы с использованием квантово-размерных эффектов.
- 44 Фотоэлектрические ячейки.
- 45 Ячейки Гретцеля.
- 46 Солнечные элементы с экстремально тонким поглощающим слоем.
- 47 Солнечные элементы с устройствами повышения и понижения энергии падающих фотонов.
- 48 Органические светодиоды.
- 49 Материалы органических светодиодов.
- 50 Структуры и характеристики органических светодиодов.
- 51 Белые органические светодиоды.
- 52 Методы изготовления органических светодиодов.
- 53 Фосфоресцентные органические светодиоды.
- 54 Методы улучшения оптического вывода излучения.
- 55 Органические дисплеи и светоизлучающие панели.
- 56 Органические фотодетекторы.
- 57 Органические солнечные батареи.
- 58 Эффективность органических солнечных батарей.
- 59 Структуры с гетеропереходами.
- 60 Структуры на основе фуллеренов.
- 61 Тандемные солнечные батареи с нанокластерами.
- 62 Солнечные элементы на основе массивов квантовых точек.
- 63 Солнечные элементы на основе перовскитов.
- 64 Оптические волноводы: классификация и характеристики.
- 65 Передача оптических сигналов по волноводам.
- 66 Волноводные моды.
- 67 Круглые оптические волноводы. Типы и характеристики.
- 68 Планарные оптические волноводы с прямоугольным профилем показателя прелом-

- ления.
- 69 Свойства, методы изготовления и области применения.
 - 70 Методы лучевого и электродинамического описания оптических волноводов.
 - 71 Метод связанных мод.
 - 72 Оптические эффекты, приводящие к волноводному распространению электромагнитных волн.
 - 73 Типы волноводных мод и их особенности.
 - 74 Связанные волноводы.
 - 75 Свойства и области применения.
 - 76 Нелинейно-оптические эффекты, используемые в волноводных оптических переключателях.
 - 77 Светоиндуцированное поглощение, насыщение поглощения и изменение показателя преломления.
 - 78 Волноводные разветвители.
 - 79 Круглые оптические волокна со ступенчатым профилем показателя преломления.
 - 80 Планарные гофрированные волноводы.
 - 81 Волноводные оптические переключатели на основе эффекта Франца-Келдыша и интерферометра Маха-Цендера.
 - 82 Характеристика и особенности оптической связи.
 - 83 Структурные элементы ВОЛС.
 - 84 Излучатели и приемники для ВОЛС.
 - 85 Дисперсия и потери в ВОЛС.
 - 86 Пассивные и активные элементы ВОЛС.
 - 87 Волоконные усилители и регенераторы.
 - 88 Волноводные коммутаторы оптических сигналов.
 - 89 Технология WDM в волоконно-оптических линиях связи.
 - 90 Волноводные и волоконные датчики температуры.
 - 91 Волноводные оптические изоляторы и фильтры.
 - 92 Волноводные оптические переключатели на основе связанных волноводов.
 - 93 Числовая апертура.
 - 94 Волноводные и волоконные датчики электрического тока.
 - 95 Элементы радиофотоники. Взаимодействие оптического излучения и СВЧ радиочастотного сигнала при приеме, передаче и обработке информации.
 - 96 Оптическая связь. Модули для передачи ВЧ/СВЧ и спутниковых сигналов по волокну.
 - 97 Элементы интегральной оптики.
 - 98 Тонкопленочные волноводы.
 - 99 Основные компоненты интегрально-оптических схем.
 - 100 Интегрально-оптические модуляторы, фильтры, переключатели, детекторы.
 - 101 Интегрально-оптические устройства на основе акустооптического эффекта.
 - 102 Микромеханические интегральные устройства.
 - 103 Элементы интегральной оптики на основе фотонных кристаллов.
 - 104 Оптические методы обработки информации.
 - 105 Оптические вычислительные машины и комплексы.
 - 106 Сверхскоростные способы передачи и обработки информации.

Правила выставления зачета.

При сдаче зачета студент отвечает на один теоретический вопрос. На подготовку к ответу дается не менее 1 часа.

Оценка «**Зачтено**» выставляется студенту, который дает полные и последовательные ответы на вопросы по темам, при этом демонстрирует умение выделить

существенные и несущественные признаки и установить причинно-следственные связи. При этом допускаются ошибки в определении и раскрытии некоторых основных понятий, формулировке положений, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. При аргументации ответа студент не обосновывает свои суждения. На часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

Оценка **«Незачтено»** выставляется студенту, который демонстрирует разрозненные, бессистемные знания; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет выделять главное и второстепенное, не умеет соединять теоретические положения с практикой, не устанавливает межпредметные связи; допускает грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей; дает неполные ответы, логика и последовательность изложения которых имеют существенные и принципиальные нарушения, в ответах отсутствуют выводы. Дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора не приводят к коррекции ответов студента. На основную часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Основы фотоники»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения материала по дисциплине «Технология тонких пленок и покрытий» являются лекции в объеме 16 часов. Это связано с необходимостью описания основных методов получения и исследования тонких пленок и покрытий.

На лабораторных занятиях студенты (под руководством преподавателя) проводят экспериментальные исследования технологии получения пленок различными методами и образцов одно- и многослойных пленочных структур. При этом особое внимание уделяется анализу получаемых данных и их физической интерпретации.

Для успешного освоения дисциплины важно активное участие студентов на лабораторных занятиях, а также их самостоятельная работа дома. Рекомендуется регулярное повторение пройденного материала и чтение рекомендованной литературы.

В конце семестра студенты сдают зачет, который проводится в форме устного опроса по списку вопросов.

Освоить вопросы, излагаемые в данном курсе самостоятельно студенту достаточно сложно. Поэтому посещение аудиторных занятий является необходимым.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

а) основная литература

1. Б. Салех, М. Тейх Оптика и фотоника. Принципы и применения. Пер. с англ.: Учебное пособие. В 2 Т. - Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012.
2. Урик Винсент Дж.-мл., МакКинни Джейсон Д., Вилльямс Кейт Дж. Основы микроволновой фотоники Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2016.- 376 с

б) дополнительная литература

3. В.А.Асеев, А.Н.Бабкина, Л.Ю.Миронов, Р.К.Нурыев - Спектроскопические методы исследования материалов фотоники. – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 97 с.
4. В.С. Кирчанов Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики : учеб. пособие – Пермь. Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. – 351 с.

в) ресурсы сети «Интернет»

- Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ
https://www.lib.uni Yar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php
- Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как www.yandex.ru , www.google.ru , www.rambler.ru , www.yahoo.ru и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях
- <https://scholar.google.com> – Google Академия - база данных научных публикаций
- www.elibrary.ru - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;
- <http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином», «НОТ», «Профессия»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);
- www.scopus.com - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;
- <http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;
- <http://iopscience.iop.org/journals?type=archive> , <http://iopscience.iop.org/page/subjects> - Издательство IOP (Великобритания);