


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ


Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии
(Овчинников О.В.)
подпись, расшифровка подписи

21.06.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.06 Приёмники оптического излучения

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:
12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки / специализация: Перспективные материалы и устройства фотоники
3. Квалификация (степень) выпускника: высшее образование (магистр)
4. Форма обучения: _____ очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:
кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: _____ Смирнов Михаил Сергеевич
(ФИО, ученая степень, ученое звание)
_____ доктор физико-математических наук, доцент
7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 20.06.2023
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)
8. Учебный год: 2024/2025 Семестр(ы): 3
9. Цели и задачи учебной дисциплины:
Целями освоения учебной дисциплины являются: познакомить студентов,

обучающихся по программе "Перспективные материалы и устройства фотоники" с процессами преобразования энергии электромагнитной волны в электрический сигнал, процессами взаимодействия света полупроводниковыми кристаллами и наноструктурами.

Задачи учебной дисциплины:

- обеспечить умение применять, знания, полученные при изучении базовых физических дисциплин в междисциплинарных областях;
- изучить с физические основы современных технологий в фото-детектировании.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору (Б1.В.06), блок Б1.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен к анализу состояния научно-технической проблемы и постановке цели и задач проводимых научных исследований на основе подбора и изучения литературных и патентных источников	ПК-1.1	Составляет план поиска научно-технической информации по созданию материалов и разработке устройств фотоники	<p>знать: основные подходы к систематизации данных и способы анализа научно-технической проблемы и литературы</p> <p>уметь: анализировать состояние научно-технической проблемы и ставить цель и задачи для проведения научных исследований на основе подбора и изучения литературных и патентных источников</p> <p>владеть: современными подходами к анализу состояния научно-технической проблемы, методами решения задач при проведении научных исследований на основе подбора и изучения литературных и патентных источников способами решения научно-инновационных задач</p>
ПК-2	Способен экспериментально исследовать перспективные материалы и моделировать процессы в устройствах фотоники	ПК-2.1	Формулирует задачи для выявления принципов и путей создания перспективных материалов, моделирует процессы в устройствах фотоники	<p>знать: методики экспериментального исследования перспективных материалов и моделирования процессов в устройствах фотоники</p> <p>уметь: экспериментально исследовать перспективные материалы и моделировать процессы в устройствах фотоники</p>

		ПК-2.2	Осуществляет подбор оборудования и комплектующих необходимых для проведения исследований, разрабатывает методики оптических и фотонных исследований	владеть: современными методами и подходами к экспериментальному исследованию перспективных материалов и моделированию процессов в устройствах фотоники
		ПК-2.3	Проводит, обрабатывает и анализирует результаты исследований, составляет научно-исследовательские отчеты	
ПК-3	Способен выбирать научно-исследовательское и технологическое оборудование с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств фотоники	ПК-3.1	Проводит научные исследования в области фотоники, используя специализированное исследовательское оборудование, приборы и установки	<p>знать: подходы и критерии для выбора научно-исследовательского и технологического оборудования с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств фотоники</p> <p>уметь: формулировать критерии для выбора научно-исследовательского и технологического оборудования с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств фотоники</p> <p>владеть: навыками выбора научно-исследовательского и технологического оборудования с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств фотоники</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 4 / 144.

Форма промежуточной аттестации *экзамен*

13 Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
Аудиторные занятия			
в том числе:	лекции		
	практические		
	лабораторные		
Самостоятельная работа			
в том числе: курсовая работа			

(проект)		
Форма промежуточной аттестации экзамен – <u>36 час.</u>)		
Итого:		

13.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	Введение. Назначение фотоприёмников.	Назначение фотоприёмников. Классификация фотоприёмников и фотоприёмных устройств. Параметры и характеристики приемников оптического излучения. Пересчет параметров приемников излучения.
2.	Тепловые фотоприёмники.	Термоэлементы. Болонметры. Оптико-акустические приемники излучения. Пирозлектрические приемники. Радиационные калориметры. Приемники на основе термоупругого эффекта в кристаллическом кварце.
3.	Фотоприёмники на внешнем фотозффекте.	Физические основы и принцип действия. Электровакуумные фотозэлементы и фотозэлектронные умножители. Диссекторы. Электронно-оптические преобразователи.
4.	Фотоприёмники на внутреннем фотозффекте.	Принцип действия приемников излучения на основе внутреннего фотозффекта. Фоторезисторы. Фотодиоды. Фототранзисторы. Фототиристоры. Приемники излучения с внутренним усилением фототока.
5.	Многоэлементные приемники излучения.	Многоэлементные приемники излучения на основе фотодиодов и фоторезисторов. Многоэлементные фотоприёмные устройства на основе приборов с зарядовой связью. Многоэлементные приемники излучения на основе приборов с зарядовой инжекцией.
6.	Характеристики кремниевого фотодиода	Устройство кремниевых фотодиодов. Область спектральной чувствительности, порог чувствительности, динамический диапазон работы, постоянная времени.

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1.	Введение. Назначение фотоприёмников.	4			5	6	15
2.	Тепловые фотоприёмники.	4			5	6	15
3.	Фотоприёмники на внешнем фотозффекте.	4			5	6	15
4.	Фотоприёмники на внутреннем фотозффекте.	10			5	6	21
5.	Многоэлементные приемники излучения.	8			4	6	18
6.	Характеристики кремниевого фотодиода			30	24	6	60
	Итого	30		30	48	36	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.

- Подготовка к практическим занятиям.

В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения лабораторных работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

15. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

(список оформляется в соответствии с требованиями ГОС и ФГОС, используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Ишанин, Г.Г. Приемники оптического излучения / Г.Г. Ишанин, В.П. Челибанов – СПб.: Лань, 2022.- 304 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Ишанин Г.Г. Приемники оптического излучения на внешнем фотоэффекте / Г.Г. Ишанин, Н.К. Мальцева. – СПб НИУ ИТМО. 2013. – 103
3	Ишанин, Г.Г. Источники и приемники излучения: Учебное пособие для студентов оптических специальностей вузов / Г.Г. Ишанин, Э.Д. Панков, А.Л. Андреев, Г.В. Польшиков. — СПб.: Политехника, 1991.— 240 с.
4	Панков, Ж. Оптические процессы в полупроводниках / Ж. Панков ; пер. с англ. под ред. Ж.И. Алферова и В.С. Вавилова .— Москва. : Мир, 1973 .— 456 с.
5	Бараночников М.Л. Приёмники и детекторы излучений. Справочник. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 1041 с.
6	Грибковский В.П. Теория поглощения и испускания света в полупроводниках / В.П. Грибковский .— Минск : Наука и техника, 1975 .— 463 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	Поисковая система e-library.ru
8	Поисковая система google.ru
9	Архив научных журналов http://arch.neicon.ru/
10	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека http://window.edu.ru/
11	Электронный каталог ЗНБ ВГУ https://www.lib.vsu.ru/
12	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ lib.mechmat.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Блейкмор, Дж. Физика твердого тела / Дж. Блейкмор ; Пер. с англ. под ред. Д. Г. Андрианова, В. И. Фистуля .— Москва. : Мир, 1988 .— 608 с.

2	Грибковский В.П. Теория поглощения и испускания света в полупроводниках / В.П. Грибковский .— Минск : Наука и техника, 1975 .— 463 с.
3	Галанин, М.Д. Люминесценция молекул и кристаллов / М.Д.Галанин ; Рос.акад.наук, Физ.ин-т им. П.Н.Лебедева, УНЦ "Фундамент. оптика и спектроскопия" .— Москва:, 1999 .— 199 с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и практические занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде самостоятельных и контрольных работ, докладов и рефератов).

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

1	Поисковая система e-library.ru
2	Поисковая система google.ru
3	Архив научных журналов http://arch.neicon.ru/
4	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека http://window.edu.ru/
5	Электронный каталог ЗНБ ВГУ https://www.lib.vsu.ru/
6	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ lib.mexmat.ru

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, Проектор BenQ MS 612ST, Доска магнитно-маркерная 100*200. Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

19. Фонд оценочных средств:

19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ПК-1 Способен к анализу состояния научно-технической проблемы и постановке цели и задач проводимых научных исследований на основе подбора и изучения литературных и патентных источников	<p>знать: основные подходы к систематизации данных и способы анализа научно-технической проблемы и литературы</p> <p>уметь: анализировать состояние научно-технической проблемы и ставить цель и задачи для проведения научных исследований на основе подбора и изучения литературных и патентных источников</p> <p>владеть: современными подходами к анализу состояния научно-технической проблемы, методами решения задач при проведении научных исследований на основе подбора и изучения литературных и патентных источников способами решения научно-инновационных задач</p>	Разделы 1-6	Устный опрос
ПК-2 Способен экспериментально исследовать перспективные материалы и моделировать процессы в устройствах фотоники	<p>знать: методики экспериментального исследования перспективных материалов и моделирования процессов в устройствах фотоники</p> <p>уметь: экспериментально исследовать перспективные материалы и моделировать процессы в устройствах фотоники</p> <p>владеть: современными методами и подходами к экспериментальному исследованию перспективных материалов и моделированию процессов в устройствах фотоники</p>	Разделы 1-6	Устный опрос
ПК-3 Способен выбирать научно-исследовательское и технологическое оборудование с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств нанофотоники	<p>знать: подходы и критерии для выбора научно-исследовательского и технологического оборудования с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств нанофотоники</p> <p>уметь: формулировать критерии для выбора научно-исследовательского и технологического оборудования с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств нанофотоники</p> <p>владеть: навыками выбора научно-исследовательского и технологического оборудования с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств нанофотоники</p>	Разделы 1-6	Устный опрос
Промежуточная аттестация (экзамен)			КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

1. знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
2. умение связывать теорию с практикой;
3. умение описывать основные характеристики, методики контроля и допуски на параметры оптических деталей;
4. владение знаниями о современных методиках контроля параметров оптических деталей.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лекционных занятий. Ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время экзамена. Ответы на дополнительные вопросы. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Имеет не полное представление о теоретических основах., допускает существенные ошибки.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Назначение и типы фотоприёмников.
2. Параметры и характеристики приемников оптического излучения

3. Типы тепловых фотоприёмников.
4. Термоэлементы. Болметры.
5. Оптико-акустические приемники излучения.
6. Пироэлектрические приемники.
7. Радиационные калориметры.
8. Приемники на основе термоупругого эффекта в кристаллическом кварце.
9. Электровакуумные фотоэлементы и фотоэлектронные умножители. Диссекторы.
10. Электронно-оптические преобразователи.
11. Принцип действия приемников излучения на основе внутреннего фотоэффекта.
12. Фоторезисторы. Фотодиоды. Фототранзисторы. Фототиристоры.
13. Приемники излучения с внутренним усилением фототока.
14. Многоэлементные приемники излучения на основе фотодиодов и фоторезисторов.
15. Многоэлементные фотоприёмные устройства на основе приборов с зарядовой связью.
16. Многоэлементные приемники излучения на основе приборов с зарядовой инжекцией.

19.3.2. Контрольно-измерительный материал

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

_____ Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи

___.___.20__

Направление подготовки / специальность 12.04.03 - Фотоника и оптоинформатика
Дисциплина Б1.В.06 Приёмники оптического излучения
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №1

1. Назначение и типы фотоприёмников.
2. Электровакуумные фотоэлементы и фотоэлектронные умножители.
Диссекторы.

Преподаватель _____ Смирнов М.С.
подпись *расшифровка подписи*

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

_____ Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи

___.___.20__

Направление подготовки / специальность 12.04.03 - Фотоника и оптоинформатика
Дисциплина Б1.В.06 Приёмники оптического излучения
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №2

1. Термоэлементы. Болометры.
2. Приемники излучения с внутренним усилением фототока.

Преподаватель _____ Смирнов М.С.
подпись *расшифровка подписи*