

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии



Овчинников О.В.

подпись

21.06.2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФТД.02 Болометрические матрицы

1. Код и наименование направления подготовки: 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки: Перспективные материалы и устройства фотоники
3. Квалификация выпускника: магистр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Смирнов Михаил Сергеевич, д.ф.-м.н., доцент
7. Рекомендована: НМС физического факультета, протокол №6 от 20.06.2023
8. Учебный год: 2024/2025 Семестр(ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются: приобретение студентами, обучающимися по программе "Перспективные материалы и устройства фотоники" знаний о принципах построения матричных приемников и об устройстве болометрических матриц.

Задачи учебной дисциплины:

- рассмотреть физические основы конструирования болометрических матриц и их использования в устройствах фотоники;
- изучить принципы работы тепловизоров.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: учебная дисциплина ФТД.02 «Болометрические матрицы» относится к части ФТД. Факультативные дисциплины.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен выбирать научно-исследовательское и технологическое оборудование с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств нанопотоники	ПК – 3.1	Проводит научные исследования в области нанопотоники, используя специализированное исследовательское оборудование, приборы и установки	Знать: фундаментальные основы лазерной физики, электротехники, физики газового разряда, импульсной техники, физики твердого тела, оптики и квантовой электроники Уметь: производить подбор оптического оборудования для достижения профессиональных целей; Владеть: навыками работы на аппаратуре оптических измерений, выполнения измерений, обработки данных измерительных наблюдений, получения результатов измерений и оценки погрешностей.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. – 2 ЗЕТ / 72 ч.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			№ 3
Аудиторные занятия		30	30
в том числе:	лекции	30	30
	практические	-	-
	лабораторные	-	-
Самостоятельная работа		42	42
Форма промежуточной аттестации		зачет	
Итого:		72	72

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.	Тепловые приемники излучения. Болометры	Принцип действия теплового приемника излучения. Болометры. Материалы для изготовления болометров. Монокристаллические полупроводниковые болометры. Болометры из аморфных материалов. Сверхпроводящие болометры. Оптико- акустические приемники излучения. Пирозлектрические приемники.
2.	Полупроводниковые микроболометры	Особенности конструкции. Матричные приемники на их основе. Принципы конструирования матричных приемников.
3.	Тепловизоры	Тепловизоры и их назначение. Принципы получения термографического изображения. Тепловизоры с оптико-механическим сканированием. Тепловизоры с электрическим сканированием. Тепловизоры с матричными приемниками излучения. Сфера применения тепловизоров.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практ.	Лаб. раб.	Сам. работа	Всего
1.	Тепловые приемники излучения. Болометры.	10	-	-	16	26
2.	Полупроводниковые микроболометры.	10	-	-	10	20
3.	Тепловизоры.	10	-	-	16	26
	Итого:	30	-	-	42	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

1. Лекции. В ходе лекционных занятий студенту необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций
2. Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
3. Подготовка к аттестации. 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 практических 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. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Исмаилов, Т. А. Полупроводниковые термоэлектрические энергоэффективные устройства : монография / Т. А. Исмаилов, Х. М. Гаджиев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 124 с. — ISBN 978-5-8114-8775-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/180820 — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Иванова, Л. А. Приемники и аккумуляторы теплового излучения Солнца : учебное пособие / Л. А. Иванова. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. — 68 с. — ISBN 5-7038-2937-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/52098 — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Игнатов. - Москва : Лань, 2011. - 538 с. : ил. ; 22. - ISBN 978-5-8114-1136-8 : 799.92 р. ЭБС «Лань». Перейти к внешнему ресурсу: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=684/
4	Мандель, А. Е. Методы и средства измерения в волоконно-оптических телекоммуникационных системах [Электронный ресурс]: учебное пособие / Мандель А. Е. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 120 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
5.	ЭБС «Университетская библиотека Online» – https://biblioclub.ru/
6.	ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/

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

№ п/п	Источник
1	Скворцов, Л. А. Основы фототермической радиометрии и лазерной термографии : практическое пособие / Л. А. Скворцов. – Москва : Техносфера, 2017. – 220 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=496591 – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-94836-493-3. – Текст : электронный.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются традиционные и дистанционные образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные 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., 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.

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

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель, проектор, ноутбук, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», MathWorks TotalAcademicHeadcount.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Тепловые приемники излучения. Боллометры.	ПК-3	ПК-3.1	вопросы
2	Полупроводниковые микроболлометры.	ПК-3	ПК-3.1	вопросы
3	Тепловизоры.	ПК-3	ПК-3.1	вопросы
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				вопросы

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания и критерии их оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

20.1 Текущая аттестация:

Оценочные средства для текущей аттестации, вопросы, тесты, задачи. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос). Студент получает один вопрос из списка, и тестовые задания. Время подготовки 30 минут, время ответа не более 10 мин.

Перечень вопросов для текущей аттестации:

1. Принцип действия теплового приемника излучения.
2. Болометры. Материалы для изготовления болометров.
3. Монокристаллические полупроводниковые болометры.
4. Болометры из аморфных материалов.
5. Сверхпроводящие болометры.
6. Оптико-акустические приемники излучения.
7. Пирозлектрические приемники

Тестовые задания:

1. Какое явление лежит в основе работы болометра?

- А) внутренний фотоэффект;
- Б) внешний фотоэффект;
- В) пирозлектрический эффект;
- Г) зависимость сопротивления от температуры

2. Какие из перечисленных характеристик относятся к фотоприёмнику?

- А) Область спектральной чувствительности;
- Б) эффективная масса электронов и дырок;
- В) дрейфовая подвижность электронов и дырок;
- Г) постоянная времени нарастания сигнала;

задачи:

3. Определить красную границу области спектральной чувствительности для кремниевого фотодетектора, если ширина запрещённой зоны монокристалла кремния равна 1.12 эВ?
4. Определить ширину запрещённой зоны InGaAs полупроводникового кристалла, если длинноволновая граница области спектральной чувствительности расположена на длине волны 1550 нм?

Критерии и шкалы оценивания:

«зачтено»

– обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, отвечает на дополнительные вопросы.

– обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

«не зачтено»

– обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

20.2 Промежуточная аттестация

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – зачет. Оценки вносятся в аттестационную ведомость по результатам работы обучающихся в течение семестра на заключительном занятии.

Промежуточная аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос). Студент получает один вопрос из списка, время подготовки 20 минут, время ответа не более 10 мин.

Перечень вопросов для аттестации:

1. Принцип действия теплового приемника излучения.
2. Болометры. Материалы для изготовления болометров.
3. Монокристаллические полупроводниковые болометры.
4. Болометры из аморфных материалов.
5. Сверхпроводящие болометры.
6. Оптико-акустические приемники излучения.
7. Пирозлектрические приемники
8. Принципы построения и структура матричных детекторов.
9. Матричные приемники на их основе.
10. Тепловизоры и их назначение.
11. Принципы получения термографического изображения.
12. Тепловизоры с оптико-механическим сканированием.
13. Тепловизоры с электрическим сканированием.
14. Тепловизоры с матричными приемниками излучения.
15. Сфера применения тепловизоров.

Критерии и шкалы оценивания:

«зачтено»

– обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, отвечает на дополнительные вопросы.

– обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

«не зачтено»

– обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований