

Белорусский государственный университет



ОСНОВЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
В СИСТЕМАХ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 04 04 Аэрокосмические радиоэлектронные и информационные
системы и технологии

2016 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 04-2013 и учебных планов №G 31-171/уч. и №G 31и-187/уч. от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

В. А. Фираго, доцент кафедры квантовой радиофизики и оптоэлектроники,
кандидат физико-математических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой квантовой радиофизики и оптоэлектроники
(протокол № 12 от 23.06.2016);

Советом факультета Радиофизики и компьютерных технологий
(протокол № 10 от 21.06.2016)

Основы детектирования оптического излучения в системах аэрокосмической
съемки



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная программа по учебной дисциплине «Основы детектирования оптического излучения в системах аэрокосмической съемки» разработана для студентов специализации «Аэрокосмические оптоэлектронные информационные технологии» специальности «Аэрокосмические радиоэлектронные и информационные системы и технологии» в соответствии с требованиями образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 04-2013 и учебных планов направлений вышеуказанной специальности.

Актуальность изучения учебной дисциплины определяется необходимостью ознакомления молодых специалистов с методами и техникой детектирования световых потоков, выделения регистрируемых световых сигналов из шумов и окружающего фонового излучения, принципами построения фотоприемных устройств видимого и ИК диапазонов, на которых построены системы аэрокосмической съемки.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, РОЛЬ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: ознакомление с основными методами детектирования световых потоков и современной техникой приема светового излучения, их взаимосвязью, принципами и особенностями функционирования систем аэрокосмической съемки.

Задачи учебной дисциплины:

- приобретение знаний о методах детектирования световых потоков;
- изучение конструкции, параметров и характеристик современных фотоприемников ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов;
- формирование навыков проектирования фотоприемных устройств и работы с ними;
- ознакомление с существующими системами аэрокосмической съемки и их характеристиками.

Дисциплина посвящена изучению важных раздела современных знаний о методах приема оптического излучения, формирования цифровых изображений высокого разрешения и их обработки на основе которых базируются технологии, используемые при построении и эксплуатации аэрокосмических сканеров. Для успешного усвоения дисциплины необходимы знания по учебным дисциплинам: «Оптоэлектроника» и «Цифровая обработка изображений».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Методы и системы оптико-физических измерений» формируются следующие компетенции:

академические:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным вырабатывать новые идеи (креативность);
- иметь лингвистические навыки;
- уметь учиться, повышать, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

–

социально-личностные:

- обладать качествами гражданственности;
- быть способным к социальному взаимодействию;
- обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- уметь работать в команде.

профессиональные:

- разрабатывать и совершенствовать методы исследований в области аэрокосмических радиоэлектронных и информационных систем и технологий;
- работать с научно-технической информацией с использованием современных информационных технологий;
- формулировать выводы и рекомендации по применению результатов научно-исследовательской работы;

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

изучить:

- методы и технику детектирования световых потоков,
- способы выделения световых сигналов из шумов;

уметь:

- проектировать фотоприемные устройства для решения физических и технических задач;

владеть:

- методами оптимизации фотоприемных устройств для обеспечения оптимального приема и качественной обработки световых сигналов.

Объем дисциплины составляет 140 учебных часов, в том числе 66 аудиторных часов, из них лекции – 34, лабораторные работы – 32.

Курс читается в седьмом семестре. Форма получения образования очная. Форма текущей аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. *Введение.* Предмет и задачи курса. Энергетическая и фотометрическая системы единиц. Требования к приемникам оптического излучения.

2. *Физические основы детектирования световых потоков.* Природа светового излучения. Взаимодействие электромагнитных колебаний с веществом. Классификация и описание механизмов детектирования световых потоков. Квантовая эффективность и квантовый предел пороговой чувствительности.

3. *Основные параметры и характеристики приемников излучения.* Спектральная и интегральная чувствительности приемников излучения и связь между ними. Шумы приемников излучения. Обнаружительная способность. Энергетическая, температурная, частотные характеристики приемников излучения.

4. *Фотоприемники на основе внутреннего фотоэффекта.* Устройство, основные параметры и схемы включения фоторезисторов. Механизм образования фото-ЭДС в полупроводниках с p - n -переходами, барьерами Шотки, гетеропереходами и в МДП-структурах. Фотодиодный и фотовольтаический режимы. Лавинные фотодиоды. Схемы включения фотодиодов. Одноэлементные фотоприемники на основе МДП-структур. Приемники инфракрасного излучения на квантоворазмерных структурах.

5. *Многоэлементные приемники оптического излучения.* Приемники с коммутацией элементов, с инжекцией заряда в подложку и с переносом заряда. Основные параметры многоэлементных приемников излучения. КМОП линейки фотоприемников. Гибридные линейки фотоприемников. Гибридные матрицы фотоприемников для ИК диапазона спектра. Конструкция ПЗС-регистров и архитектура ПЗС матриц. Матрицы инфракрасных фотоприемников на квантово-размерных структурах.

6. *Методы дистанционного зондирования Земли.* Физические основы дистанционного зондирования. Авиационные и космические системы дистанционного зондирования. Орбиты, используемые при космической съемке поверхности Земли. Информативность спектральных данных. 4

7. *Сканеры систем дистанционного зондирования и видеонаблюдения.* Их конструкция и основные характеристики. Основные параметры и характеристики линеек и матриц, используемых в сканерах. Конструкция и основные параметры оптических систем сканеров. Геометрия съемки при использовании поперечных и продольных сканеров.

8. *Методы выделения объектов на фоне яркостных полей.* Методы описания детерминированных и случайных яркостных полей. Двумерная спектральная плотность мощности флуктуаций яркостного поля. Квантование изображений и помехи пространственной дискретизации. Линейная фильтрация и нелинейная обработка изображений. Удаление шумов и сжатие изображений на основе вейвлет-преобразований. Статистическая обработка сигналов. Выделение границ и сегментация изображений.

Учебно-методическая карта

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Количество часов УСП	Формы контроля знаний
		лекции	Лабораторные занятия	иное		
1	2	3	5	6	7	
1.	<i>Введение</i>					Устный опрос
	1.1. Предмет и задачи курса. Энергетическая и фотометрическая системы единиц. Требования к приемникам оптического излучения	2				
2.	<i>Физические основы детектирования световых потоков.</i>					Устный опрос
	2.1. Природа светового излучения. Взаимодействие электромагнитных колебаний с веществом.	2				
	2.2. Классификация и описание механизмов детектирования световых потоков. Квантовая эффективность и квантовый предел пороговой чувствительности.	2				
3.	<i>Основные параметры и характеристики приемников излучения.</i>					Устный опрос
	3.1. Перечень основных параметров. Спектральная и интегральная чувствительности приемников излучения и связь между ними. Квантовая эффективность.	2				
	3.2. Виды шумов и их писание. Суммарный спектр внутренних шумов. Пороговая чувствительность и обнаружительная способность. Пороговая чувствительность детекторов с внутренним усилением.	2				
	3.3. Энергетическая, температурная, частотные характеристики приемников излучения. Обнаружительная способность современных приемников ИК излучения.	2				
4.	<i>Фотоприемники на основе внутреннего фотоэффекта.</i>					Устный опрос
	4.1. Устройство, основные параметры и схемы включения фоторезисторов.	2				

	Механизм образования фото-ЭДС в полупроводниках с p - n -переходами, барьерами Шотки, гетеропереходами и в МДП-структурах. Фотодиодный и фотовольтаический режимы. Лавинные фотодиоды.	2					
	4.2. Лабораторная работа «Моделирование фотоприемного устройства на лавинном диоде»		12			Отчет по лабораторной работе	
	4.3. Схемы включения фотодиодов. Одноэлементные фотоприемники на основе МДП-структур. Приемники инфракрасного излучения на квантоворазмерных структурах.	2					
5.	<i>Многоэлементные приемники оптического излучения.</i>						Устный опрос
	5.1. Приемники с коммутацией элементов, с инжекцией заряда в подложку и с переносом заряда. Основные параметры многоэлементных приемников излучения.	2					
	5.2. КМОП линейки фотоприемников. Гибридные линейки фотоприемников. Гибридные матрицы фотоприемников для ИК диапазона спектра.	2					
	5.3. Конструкция ПЗС-регистров и архитектура ПЗС матриц. Матрицы инфракрасных фотоприемников на квантово-размерных структурах.					Отчет по лабораторной работе	
	5.4. Лабораторная работа «Моделирование матрицы фотоприемников на ПЗС структурах»		6				
6.	<i>Методы дистанционного зондирования Земли.</i>					Устный опрос	
	6.1. Физические основы дистанционного зондирования. Схема дистанционного зондирования и используемые спектральные диапазоны. Авиационные и космические системы дистанционного зондирования.	2					
	6.2. Орбиты, используемые при космической съемке поверхности Земли. Информативность спектральных данных. Основные этапы проведения съемки и анализа данных.	2					Отчет по лабораторной работе
	6.3. Лабораторная работа «Обработка многозонального цифрового изображения участка Земли»		6				
7.	<i>Сканеры систем дистанционного зондирования и видеонаблюдения.</i>					Устный опрос	
	7.1. Конструкция и основные характеристики сканеров. Основные параметры и характеристики линеек и матриц, используемых в сканерах.	2					

	7.2. Конструкция и основные параметры оптических систем сканеров. Геометрия съемки при использовании поперечных и продольных сканеров.	2				
8.	<i>Методы выделения объектов на фоне яркостных полей.</i>					Устный опрос
	8.1. Методы описания детерминированных и случайных яркостных полей. Двумерная спектральная плотность мощности флуктуаций яркостного поля. Квантование изображений и помехи пространственной дискретизации.	2				Отчет по лабораторной работе
	8.2. Линейная фильтрация и нелинейная обработка изображений. Удаление шумов и сжатие изображений. Статистическая обработка сигналов. Совмещение и объединение изображений.	2				
	8.3. Лабораторная работа «Двумерный спектр, фильтрация и очистка от шумов цифрового изображения участка Земли»		8			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

Основная

1. Фираго В. А. Приемники излучения: Конспект лекций / В. А. Фираго. – Мн.: БГУ, 2005. – 118 с.
2. Полупроводниковые фотоприемники: Ультрафиолетовый, видимый и ближний инфракрасный диапазоны спектра/ Анисимова И. Д., Викулин И. М., Зайтов Ф. А. и др. Под ред. В. И. Стафеева. – М.: Радио и связь, 1984.
3. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование: Модели и методы обработки изображений / Р. А. Шовенгердт. – М.: Техносфера, 2010.
4. Воробьева А. А. Дистанционное зондирование Земли: Учебно-методическое пособие. – Санкт-Петербург, ПНИУИТМиО, 2012.
5. Дьяконов В., Абраменкова И. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002.
6. Красильников Н. Н. Цифровая обработка изображений. – М.: Вузовская книга, 2001.

Дополнительная

1. Карих Е. Д. Оптоэлектроника: Учеб. Пособие для студентов специальностей «Радиофизика», «Физическая электроника» вузов. – Мн.: БГУ., 2000.
2. Мирошников М. М. Теоретические основы оптико-электронных приборов. Учебное пособие для вузов. Л., Машиностроение, 1977.
3. Тарасов В. В., Якушенков Ю. Г. Инфракрасные системы смотрящего типа. – М.: Логос, 2004.
4. Порфирьев Л. Ф. Теория оптико-электронных систем. - Л.: Машиностроение, 1980.
5. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: В двух книгах. Кн. 1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984.

ДИАГНОСТИКА КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Учебным планом специальности в качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Основы детектирования оптического излучения в системах аэрокосмической съемки» предусмотрен зачет. Оценка учебных достижений студента производится по десятибалльной шкале.

Для промежуточного контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций студентов используются следующие формы:

- устный опрос;
- отчеты по лабораторным работам с их устной защитой.

Согласно Положению о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине итоговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации.

**ПРОТОКОЛ
СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕ-
ЦИАЛЬНОСТИ**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Оптоэлектроника	кафедра квантовой радиофизики и оптоэлектроники	Без изменений	Изменения не требуются; протокол №12 от 23.06.2016
Цифровая обработка изображений	кафедра радиофизики и цифровых медиатехнологий	Без изменений	Изменения не требуются; протокол №12 от 23.06.2016

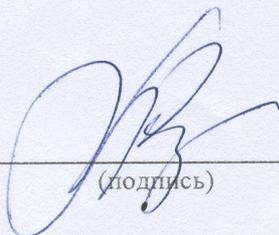
ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЕ НА 2017 / 2018 УЧЕБНЫЙ ГОД

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
	<p><i>Без изменений и дополнений</i></p>	

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
КРиОЭ (протокол № 1 от 5.09 2017г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

д.ф.н.н., профессор
(степень, звание)


(подпись)

М. М. Кугейко
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Зам. Декана факультета

к.ф.н.н., доцент
(степень, звание)


(подпись)

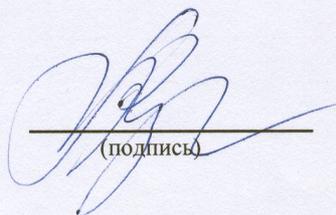
С.В. Малой
(И.О.Фамилия)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЕ НА 2018 / 2019 УЧЕБНЫЙ ГОД

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
	<p><i>Без дополнений и изменений</i></p>	

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
КР и ОЭ (протокол № 1 от 30.08.2018 г.)
 (название кафедры)

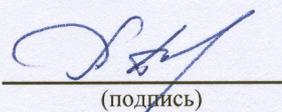
Заведующий кафедрой
д.ф.-м.н., профессор
 (ученая степень, ученое звание)



 (подпись)

М. М. Кугейко
 (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
 зам. Декан факультета
к.ф.-м.н., доцент
 (ученая степень, ученое звание)



 (подпись)

С. В. Малый
 (И.О.Фамилия)