

# Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
Белорусского государственного  
университета

\_\_\_\_\_  
(подпись) П. Толстик  
(И.О.Фамилия)

\_\_\_\_\_  
Дата утверждения

Регистрационный № ХД- 225 /уч.

## ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СЛАБЫХ СВЕТОВЫХ ПОТОКОВ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 04 02

Радиофизика

2015 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 02-2013 и Учебного плана для специальности Радиопизика №G 31-1-С42/тип. от 26.07.2013 г.

**СОСТАВИТЕЛИ<sup>1</sup>:**

**В. А. Фираго, канд. физ.-мат. наук, доцент**;

(

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой **Квантовой радиопизики и оптоэлектроники**

(протокол № 12 от 23.06.2015);

Научно-методическим советом факультета **Радиопизики и компьютерных технологий**

(протокол № 10 от 23.06.2015)



---

# ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

## ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная программа по учебной дисциплине «Детектирование слабых световых потоков» разработана для студентов специализации «Квантовая радиофизика и лазерные системы» специальности «Радиофизика» в соответствии с требованиями образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 02-2013 и типовых учебных планов направлений вышеуказанной специальности.

Актуальность изучения учебной дисциплины определяется необходимостью детального знакомства 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 и оптимизации их пороговой чувствительности. Данная дисциплина является составной частью блока специальных дисциплин, обеспечивающих необходимые знания, умения и навыки в области создания и эксплуатации современной лазерной и оптико-электронной техники различного назначения.

## 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.

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;

Базовыми учебными дисциплинами по курсу «Детектирование слабых световых потоков» являются дисциплины «Оптика» и «Электричество», где излагаются основы формирования электрических полей и светового излучения на физическом уровне. В свою очередь учебная дисциплина «Детектирование слабых световых потоков» освещает круг вопросов, связанных с детектированием коллективов фотонов в процессе их преобразования в заряды или токи и принципами дальнейшей обработки получаемых электрических сигналов. Для успешного усвоения дисциплины необходимы знания по оптоэлектронике, технике приема светового излучения, статистической радиофизике, методам оптимального выделения сигналов из шумов и программированию.

## ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Детектирование слабых световых потоков» формируются следующие компетенции:

**академические:**

- использовать основные законы естественно-научных дисциплин в

профессиональной деятельности.

– владеть основными методами, способами и средствами детектирования световых потоков и обработки получаемых электрических сигналов с использованием компьютерной техники.

**профессиональные:**

– определять и оценивать параметры и характеристики фотоприемных устройств.

– владеть приемами создания и анализа современных фотоприемных устройств.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

**знать:**

– знать 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 качественного приема и обработки световых сигналов.

Объем дисциплины составляет 130 учебных часа, в том числе 62 аудиторных часов, из них лекции – 34, лабораторные работы – 28.

Курс читается в пятом семестре. Форма образования очная.

**Содержание учебного материала.**

№ п/п	Наименование разделов, тем	Количество часов*				
		Аудиторные				Самост. работа
		Лекции	Практ., семин.	Лаб. занят.	КСР	
1.	<i>Введение.</i> Предмет и задачи курса. Энергетическая и фотометрическая системы единиц. Требования к приемникам оптического излучения.	2				
2.	<i>Физические основы детектирования световых потоков.</i> Классификация и описание механизмов детектирования световых потоков. Квантовая эффективность и квантовый предел пороговой чувствительности.	2				
3.	<i>Основные параметры и характеристики приемников излучения.</i> Спектральная и интегральная чувствительности приемников излучения и связь между ними. Шумы приемников излучения. Обнаружительная способность. Энергетическая, температурная, частотные характеристики прием-	6				

	ников излучения.					
4.	<i>Фотоприемники на основе внутреннего фотоэффекта. Устройство, основные параметры и схемы включения фоторезисторов. Механизм образования фото-ЭДС в полупроводниках с <math>p</math> - <math>n</math>-переходами, барьерами Шотки, гетеропереходами и в МДП-структурах. Фотодиодный и фотовольтаический режимы. Лавинные фотодиоды. Схемы включения фотодиодов. Одноэлементные фотоприемники на основе МДП-структур.</i>	8				
5.	<i>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.</i>	6		12		
6.	<i>Обнаружение световых сигналов в шумах. Описание сигналов и случайных процессов, моментные и корреляционные функции. Методы оптимального приема модулированных оптических сигналов. Задачи, решаемые при оптимальном приеме. Отношение правдоподобия. Вероятности ошибочных решений и критерии обнаружения. Оптимальная фильтрация сигналов, зависящих от времени. Цифровая обработка и согласованная фильтрация сигналов. Функциональные схемы оптимальных обнаружителей.</i>	8		6		
7.	<i>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. Алгоритмы обнаружения точечных объектов на случайном яркостном фоне.</i>	2		6		

### Учебно-методическая карта

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методиче-	Литература	Формы контроля знаний
		лекции	ские (семинарские)	лабораторные занятия	контролируемая			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Введение	2					Л. 1, с. 5-12; Л. 2, с. 5-14; Л.3, с. 21-33; Д.1,с. 105-106	
2.	Физические основы детектирования световых потоков	2					Л. 1, с.10-14, 42 – 45 Л. 2, с. 14-47; Л.3, с. 277-286 Д.1, с. 98-114	
3.	Основные параметры и характеристики приемников излучения	6					Л. 1, с. 13-41; Л. 2, с. 47-53; Л. 3, с. 140-158 Д. 2, с. 450-515;	
4.	Фотоприемники на основе внутреннего фотоэффекта	8			4		Л. 1, с. 45-81, 287-289; Л. 2, с. 53-76	устный опрос
5.	Многоэлементные приемники оптического излучения	6		12			Л. 1, с. 91-114; Л. 2, с. 179-189 Д. 5, с. 9-56 Д. 6, с. 347-410	Отчет по лабораторной работе
6.	Обнаружение световых сигналов в шумах	8		6			Л. 3, с. 204-219; Л. 4, с. 8-37; Л. 5, с. 107-174, 295-321, 369-385, 422-451; Д. 2, с. 555-579; Д. 3, с. 19-77, 91-195; Д. 4, с. 13-41	Отчет по лабораторной работе
7.	Методы выделения объектов на фоне яркостных полей	2		6			Л. 3, с. 277-321; Л. 5, с. 467-481, 517-521, 532-555, 561-564, 576-583 Л. 6, с. 5-32, 68-101, 102-146, 152-183; 193-220	

## 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. Якушенков Ю. Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: Учебник для вузов. - М.: Советское радио, 1980.
4. Тихонов В. И. Оптимальный прием сигналов. – М.: Радио и связь, 1983.
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. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника. - М.: Радио и связь, 1983.
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.

### ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Фотоприемного устройства на основе лавинного фотодиода;
2. Обработки сигналов, получаемых одноэлементным фотоприемником;
3. Моделирование процессов обработки сигналов, формируемых матрицей фотоприемников;
4. Регистрация слабых потоков при использовании амплитудного и синхронного детектирования.

### ДИАГНОСТИКА КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Типовыми учебными планами направлений специальности в качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Детектирование слабых световых потоков» 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.





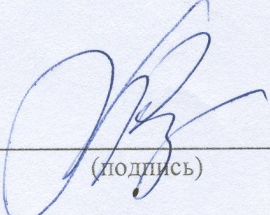
**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ**  
**К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ**  
**ДИСЦИПЛИНЕ НА 2017 / 2018 УЧЕБНЫЙ ГОД**

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
	<p align="center"><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)

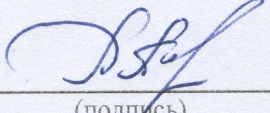
  
 (подпись)

М. М. Кугейко  
 (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Зам. Декана факультета

к.ф.н.н., доцент  
 (степень, звание)

  
 (подпись)

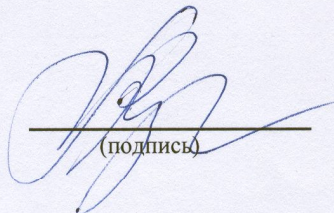
С.В. Малой  
 (И.О.Фамилия)

**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>	

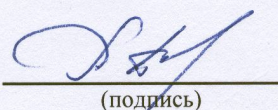
Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
КР и ОЭ (протокол № 1 от 30.08 2018 г.)  
 (название кафедры)

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

  
 (подпись)

М. М. Кугейко  
 (И.О.Фамилия)

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

  
 (подпись)

С. В. Малый  
 (И.О.Фамилия)