

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»

Институт электронных и информационных систем

Кафедра общей и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЭИС, проф.

 С.И. Зимин

«13» февраля 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

учебной дисциплины

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

по направлению подготовки

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль) Микро- и нанoeлектронные устройства

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела обеспечения
деятельности ИЭИС

 П.В. Лысухо

«12» февраля 2020 г.

Заведующий выпускающей
кафедрой физики твердого тела
и микроэлектроники

 Б.И. Селезнев

«12» 02 2020 г.

Разработал

Профессор кафедры ОЭФ

 В.В. Гаврушко

«12» 02 2020 г.

Принято на заседании кафедры ОЭФ

Протокол № 4 от 12, 02 2020 г.

Заведующий кафедрой ОЭФ

 В.В. Гаврушко

«12» 02 2020 г.

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Цель освоения учебной дисциплины: формирование компетентности студентов в области полупроводниковых приемников оптического излучения, способствующей становлению их готовности к решению задач профессиональной деятельности.

Задачи:

- способность выбрать на основе анализа технических характеристик оптимальный фотоприемник для решения частных инженерных задач;
- способность выбрать методику и провести измерения основных параметров и характеристик приемников оптического излучения;
- составить частное техническое задание на разработку оригинального фотоприемника в случае проектирования нового оптоэлектронного устройства.

2 Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина относится к элективным дисциплинам учебного плана основной профессиональной образовательной программы направления подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника и направленности (профилю) Микро- и наноэлектронные устройства (далее – ОПОП). В качестве входных требований выступают сформированные ранее компетенции обучающихся, приобретенные ими в рамках следующих дисциплин, изученных студентами при подготовке по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника: «Квантовая и оптическая электроника». Освоение учебной дисциплины является компетентностным ресурсом и используется при подготовке выпускной квалификационной работы.

3 Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Перечень компетенций, которые формируются в процессе освоения учебной дисциплины:

профессиональные компетенции:

ПК-1 Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.

Результаты освоения учебной дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты освоения учебной дисциплины

Код и наименование компетенции	Результаты освоения учебной дисциплины (индикаторы достижения компетенций)		
ПК-1 Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать	Знает принципы построения и функционирования изделий микро- и наноэлектроники	Умеет рассчитывать предельно допустимые и предельные режимы работы изделий микро- и наноэлектроники	Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и наноэлектроники

теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач			
--	--	--	--

4 Структура и содержание учебной дисциплины

4.1 Трудоемкость учебной дисциплины

Таблица 2 – Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения

Части учебной дисциплины (модуля)	Всего	Распределение по семестрам
		3 семестр
1 Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6
2 Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	45	45
3 Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) (при наличии)	-	-
4 Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	135	135
5 Промежуточная аттестация (зачет; дифференцированный зачет; экзамен) (АЧ)	экзамен 36	экзамен 36

4.2 Содержание учебной дисциплины

Тема 1. Введение. Энергетические и светотехнические единицы измерения

Тема 2. Распространение оптического излучения в средах

Тема 3. Фотонные и тепловые приемники оптического излучения

Тема 4. Параметры фотоприемников

Тема 5. Методы измерения параметров и характеристик фотоприемников

Тема 6. Конструкции фотоприемников

Тема 7. Преобразователи солнечного излучения

Тема 8. Применение фотоприемников

4.3 Трудоемкость разделов учебной дисциплины и контактной работы

Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Трудоемкость разделов учебной дисциплины и контактной работы

№	Наименование разделов (тем) учебной дисциплины (модуля), УЭМ, наличие КП/КР	Контактная работа (в АЧ)					Вне-ауд. СРС (в АЧ)	Формы текущего контроля
		Аудиторная			В т.ч. СРС	Экзамен		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР				
1	Введение. Энергетические и светотехнические единицы измерения	2	4		2		30	Контрольный опрос
2	Распространение оптического	1	4		1		15	Контрольный

	излучения в средах						опрос	
3	Фотонные и тепловые приемники оптического излучения	1	4		1		15	Контрольный опрос
4	Параметры фотоприемников	1	4		1		15	Контрольный опрос
5	Методы измерения параметров и характеристик фотоприемников	1	8		1		15	Контрольный опрос
6	Конструкции фотоприемников	1	4		1		15	Контрольный опрос
7	Преобразователи солнечного излучения	1	4		1		15	Контрольный опрос
8	Применение фотоприемников	1	4		1		15	Контрольный опрос Доклад
	<i>Промежуточная аттестация</i>						36	Экзамен
	ИТОГО	9	36		9	36	135	

4.4 Лабораторные работы и курсовые работы/курсовые проекты

4.4.1 Перечень тем лабораторных работ:

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом.

4.4.2 Примерные темы курсовых работ/курсовых проектов:

Курсовые работы/курсовые проекты не предусмотрены учебным планом.

5 Методические рекомендации по организации освоения учебной дисциплины

Таблица 4 – Методические рекомендации по организации лекций

№	Темы лекционных занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
1	<i>Введение. Энергетические и светотехнические единицы измерения. Соотношения между ними. Функция видности. Законы теплового излучения. Излучение реальных тел (информационная лекция)</i>	2
2	<i>Распространение оптического излучения в средах. Прохождение оптического излучения через атмосферу. Закон Бугера. Поглощение атмосферными газами. Окна прозрачности атмосферы. Оптические волноводы (информационная лекция)</i>	1
3	<i>Фотонные и тепловые приемники оптического излучения. Классификация фотоприемников по виду спектральной характеристики. Принцип действия термоэлементов, болометров, пироэлектрических приемников. Фотонные приемники. Сравнение свойств тепловых и фотонных приемников оптического излучения. излучения (информационная лекция)</i>	1
4	<i>Параметры фотоприемников. Токовая и вольтовая чувствительность полупроводниковых фотоприемников. Квантовый выход, его теоретические ограничения. Спектральная характеристика идеального и реального фотоприемника. Пороговая чувствительность и обнаружительная способность фотоприемника. Постоянная времени и ее зависимость от свойств материала и структуры фотоприёмника. Электрические характеристики фотоприемников</i>	1

	(информационная лекция)	
5	<i>Методы измерения параметров и характеристик фотоприемников.</i> Эталонные излучатели. Модели абсолютно черного тела. Принципы построения и характеристики спектрометров. Методы регистрации пороговых характеристик фотоприемников (информационная лекция)	1
6	<i>Конструкции фотоприемников.</i> Неохлаждаемые фотоприёмники Герметичные и пластмассовые корпуса. Иммерсионные фотоприемники. Криогенные фотоприемники. Способы охлаждения чувствительных элементов. Термоэлектрические и газовые охладители (информационная лекция)	1
7	<i>Преобразователи солнечного излучения.</i> Спектр солнечного излучения. Идеальный солнечный преобразователь. Причины снижения КПД реальных преобразователей. Способы повышения КПД. Каскадные преобразователи. (информационная лекция)	1
8	<i>Применение фотоприемников.</i> Применение оптоэлектронных приборов в современной технологии полупроводниковых приборов. Роль оптоэлектроники в микроминиатюризации радиоэлектронной аппаратуры. Примеры использования фотоприёмников и систем тепловидения в промышленности, медицине, военном деле, научных исследованиях (информационная лекция)	1
	ИТОГО	9

Таблица 5 – Методические рекомендации по организации практических занятий

№	Темы практических занятий (форма проведения)	Трудоёмкость в АЧ
1	Разработка эскизных вариантов конструкции криогенных фотоприемников (работа в группах)	8
2	Измерение распределения спектральной чувствительности опытных образцов фотоприемников. Расчет и построение спектральных характеристик для изоэнергетического излучения и для равного потока квантов (работа в группах)	8
3	Измерение пространственного распределения чувствительности фотоприемников. Расчет и построение диаграмм направленности приемников оптического излучения (работа в группах)	8
4	Исследование шумовых свойств фотоприемников. Расчет пороговой чувствительности и обнаружительной способности (работа в группах, доклад)	12
	ИТОГО	36

6 Фонд оценочных средств учебной дисциплины

Фонд оценочных средств представлен в приложении А.

7 Условия освоения учебной дисциплины (модуля)

7.1 Учебно-методическое обеспечение

Учебно-методического обеспечение учебной дисциплины представлено в приложении Б.

7.2 Материально-техническое обеспечение

№	Требование к материально-техническому обеспечению	Наличие материально-технического оборудования и программного обеспечения
1	Наличие специальной аудитории	Учебная аудитория, лаборатории 3315, 1317
2	Мультимедийное оборудование	Проектор, компьютер, экран, интерактивная доска
3	Программное обеспечение	Программа «POWER POINT»

Приложение А (обязательное)

Фонд оценочных средств учебной дисциплины «Полупроводниковые приемники оптического излучения»

1 Структура фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств состоит из двух частей:

а) открытая часть - общая информация об оценочных средствах (название оценочных средств, проверяемые компетенции, баллы, количество вариантов заданий, методические рекомендации для применения оценочных средств и пр.), которая представлена в данном документе, а также те вопросы и задания, которые могут быть доступны для обучающегося;

б) закрытая часть - фонд вопросов и заданий, которая не может быть заранее доступна для обучающихся (экзаменационные билеты, вопросы к контрольной работе и пр.) и которая хранится на кафедре.

2 Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

Таблица А.1 – Перечень оценочных средств

№	Оценочные средства для текущего контроля	Разделы (темы) учебной дисциплины	Баллы	Проверяемые компетенции
1	Контрольный опрос	Темы 1 – 8 (20 баллов на один опрос x 8 тем)	160	ПК-1
2	Доклад	Темы 1 – 8	90	
<i>Промежуточная аттестация</i>				
	Экзамен		50	ПК-1
	ИТОГО		300	

3 Рекомендации к использованию оценочных средств

Таблица А.2 – Контрольный опрос

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>	<i>Количество вопросов</i>
Количество правильных ответов на вопросы	28	1
Точность ответов		
Полнота ответов		

Примерные вопросы:

- 1 Энергетические и светотехнические единицы измерения. Соотношения между ними.
- 2 Законы теплового излучения.
- 3 Излучение реальных тел.
- 4 Прохождение оптического излучения через атмосферу. Закон Бугера.
- 5 Поглощение атмосферными газами. Окна прозрачности атмосферы.
- 6 Оптические волноводы.
- 7 Классификация фотоприемников по виду спектральной характеристики.
- 8 Принцип действия термоэлементов,

- 9 Принцип действия болометров,
- 10 Принцип действия пироэлектрических приемников.
- 11 Фотонные приемники.
- 12 Сравнение свойств тепловых и фотонных приемников оптического излучения.
- 13 Токовая и вольтовая чувствительность полупроводниковых фотоприемников.
- 14 Квантовый выход, его теоретические ограничения. .
- 15 Спектральная характеристика идеального и реального фотоприемника.
- 16 Пороговая чувствительность и обнаружительная способность фотоприемника.
- 17 Постоянная времени и ее зависимость от свойств материала и структуры фотоприёмника.
- 18 Электрические характеристики фотоприемников.
- 19 Эталонные излучатели. Модели абсолютно черного тела.
- 20 Принципы построения и характеристики спектрометров.
- 21 Методы регистрации пороговых характеристик фотоприемников.
- 22 Неохлаждаемые фотоприёмники Герметичные и пластмассовые корпуса.
- 23 Иммерсионные фотоприемники.
- 24 Криогенные фотоприемники.
- 25 Способы охлаждения чувствительных элементов. Термоэлектрические и газовые охладители.
- 26 Спектр солнечного излучения. Идеальный солнечный преобразователь.
- 27 Причины снижения КПД реальных преобразователей.
- 28 Способы повышения КПД. Каскадные преобразователи.

Таблица А.3 – Доклад

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>
<i>Полнота изложения материала</i>	17
<i>Количество правильных ответов на вопросы</i>	

Примерные темы:

- 1 Способы охлаждения фотоприемников.
- 2 Фотоприемники для УФ диапазона.
- 3 Фотоприемники для ИК диапазона.
- 4 Фотоприемники с высоким быстродействием.
- 5 Тепловые фотоприемники.
- 6 Преобразователи солнечной энергии.
- 7 Координатно-чувствительные фотоприемники.
- 8 Криогенные матрицы.
- 9 Неохлаждаемые матрицы ИК диапазона.
- 10 Фотоприемные устройства.
- 11 Оптические системы фотоэлектронных устройств.
- 12 Оптические свойства атмосферы.
- 13 Фотоприемники для оптических волноводов.
- 14 Свойства оптоволоконных линий связи.
- 15 Технология кремниевых фотоприемников.
- 16 Дифференциальные фотоприемники.
- 17 Иммерсионные фотоприемники.

Таблица А.4 – Экзамен

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>	<i>Количество вопросов</i>
Знание фактического материала	10	2
Умение использовать знания для объяснения характеристик приборов		
Владение методами управления свойствами приборов		

Вопросы для подготовки к экзамену:

- 1 Энергетические и светотехнические единицы измерения. Соотношения между ними.
- 2 Законы теплового излучения. Излучение реальных тел.
- 3 Прохождение оптического излучения через атмосферу. Закон Бугера. Поглощение атмосферными газами. Окна прозрачности атмосферы.
- 4 Оптические волноводы.
- 5 Классификация фотоприемников по виду спектральной характеристики.
- 6 Принцип действия термоэлементов, болометров, пироэлектрических приемников.
- 7 Фотонные приемники. Сравнение свойств тепловых и фотонных приемников оптического излучения.
- 8 Токовая и вольтовая чувствительность полупроводниковых фотоприемников. Квантовый выход, его теоретические ограничения. .
- 9 Спектральная характеристика идеального и реального фотоприемника.
- 10 Пороговая чувствительность и обнаружительная способность фотоприемника.
- 11 Постоянная времени и ее зависимость от свойств материала и структуры фотоприёмника. Электрические характеристики фотоприемников.
- 12 Эталонные излучатели. Модели абсолютно черного тела.
- 13 Принципы построения и характеристики спектрометров.
- 14 Методы регистрации пороговых характеристик фотоприемников.
- 15 Неохлаждаемые фотоприёмники Герметичные и пластмассовые корпуса. Иммерсионные фотоприемники.
- 16 Криогенные фотоприемники. Способы охлаждения чувствительных элементов. Термоэлектрические и газовые охладители.
- 17 Спектр солнечного излучения. Идеальный солнечный преобразователь. Причины снижения КПД реальных преобразователей. Способы повышения КПД. Каскадные преобразователи.

Все материалы для проведения промежуточного контроля хранятся на кафедре.

Пример экзаменационного билета

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Институт электронных и информационных систем
Кафедра физики твердого тела и микроэлектроники

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

Учебная дисциплина «Полупроводниковые приемники оптического излучения»
Для направления подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
Направленность (профиль) Микро- и нанoeлектронные устройства

1. Энергетические и светотехнические единицы измерения. Соотношения между ними.
2. Криогенные фотоприемники. Способы охлаждения чувствительных элементов. Термоэлектрические и газовые охладители.

Принято на заседании кафедры

«___» _____ 20__ г.

Протокол № _____

Заведующий кафедрой _____ (ФИО)

Приложение Б
(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения
Учебной дисциплины «Полупроводниковые приемники оптического излучения»

Таблица Б.1 – Основная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
1 Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие для вузов / А.Н. Игнатов. - СПб.: Лань, 2011. - 538с. [8	
2 Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов : учеб. пособие для вузов / М.М. Мирошников. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2010. - 697с.	5	
3 Розеншер Э Оптоэлектроника / Пер. с фр. под ред. О.Н.Ермакова. - М.: Техносфера, 2006. - 588с.	2	
4 Ямпурин Н.П. Электроника: учеб. пособие для вузов/ Н.П.Ямпурин, А.В.Баранова, В.И.Обухов. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Академия, 2015. - 266,	5	
Электронные ресурсы		
1		

Б.2 – Дополнительная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
1 Диагностика материалов и элементов твердотельной электроники : метод. указания к лаб. работам / сост. В.В.Гаврушко, Г.В.Гудков, А.А.Сапожников. - Великий Новгород, 2016. - 56 с.	50	
2 Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника: учеб. пособие / Г. Л. Киселев. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011. - 313 с.	5	
3 Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учеб. пособие для вузов / В.И.Старосельский. - М.: Юрайт, 2014. - 463 с.	2	
4 Якушенко Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: учеб. для студентов вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Логос, 1999. - 479 с.	5	
5 Ямпурин Н.П. Электроника: учеб. пособие для вузов / Н.П.Ямпурин, А.В.Баранова, В.И.Обухов. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Академия, 2015. - 266 с.	5	
Электронные ресурсы		
1		
2		

Зав. кафедрой

«*pd*»

pd *pd*
подпись

В.В. Гаврушко

И.О. Фамилия
20 *дс* г.

