

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

**Авторы-составители: Ажеганов Александр Сергеевич
Вольхин Игорь Львович
Лунегов Игорь Владимирович
Пономарев Роман Сергеевич**

**Рабочая программа дисциплины
КВАНТОВАЯ И ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
Код УМК 81666**

Утверждено
Протокол №4
от «24» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Квантовая и полупроводниковая электроника

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **28.04.01** Нанотехнологии и микросистемная техника
направленность Материалы микро- и наносистемной техники

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Квантовая и полупроводниковая электроника** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность : Материалы микро- и наносистемной техники)

ПК.1 готовность формулировать цели и задачи научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач

Индикаторы

ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники

ПК.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области нанотехнологии и микросистемной техники

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность: Материалы микро- и наносистемной техники)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	1
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	14
Проведение практических занятий, семинаров	0
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	42
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (3) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (1 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Квантовая и полупроводниковая электроника. Первый семестр

В дисциплине “Квантовая и полупроводниковая электроника” представлены разделы:

1. Полупроводниковая квантовая электроника.
2. Волноводная фотоника.
3. Интегральная оптика.

Полупроводниковая квантовая электроника.

В разделе полупроводниковая квантовая электроника представлены темы:

1. Фотоэлектронные приборы.
2. Оптоэлектронные приборы.

Фотоэлектронные квантовые приборы.

В теме "Фотоэлектронные квантовые приборы" представлены:

Лекция "Фотоэлектронные квантовые приборы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Единицы измерения световых величин.
2. Фоторезистивный эффект.
 - 2.1. Поглощение света в полупроводниках.
 - 2.2. Фотопроводимость полупроводников.
 - 2.3. Спектральная зависимость фотопроводимости
 - 2.4. Фоторезисторы.
 - 2.5. Основные характеристики и параметры фоторезисторов.
3. Фотоэлектрические свойства p-n-перехода .
 - 3.1. Воздействие света на p–n-переход.
 - 3.2. Фотодиоды.
 - 3.3. Полупроводниковые фотоэлементы
 - 3.4. Биполярный фототранзистор.

Лабораторная работа "Изучение фотоэлектронных приборов" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Оптоэлектронные квантовые приборы.

В теме "Оптоэлектронные квантовые приборы" представлены:

Лекция "Оптоэлектронные приборы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Принцип действия светодиода.
2. Полупроводниковые материалы светоизлучающих диодов.
3. Светодиод на основе гетероперехода .
4. Светодиод на основе многослойных гетероструктур .
5. Внешний квантовый выход и яркость свечения диода.
6. Основные параметры светоизлучающих диодов.
7. Оптопары.
8. Основные параметры оптопар.

Лабораторные работы:

"Исследование оптоэлектронных приборов" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.

3. Списки литературы.

"Исследование полупроводникового лазера" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Волноводная фотоника.

В разделе волноводная фотоника представлены темы:

1. Оптические волноводы.
2. Брэгговские решетки.

Оптические волноводы.

В теме "Оптические волноводы" представлены:

Лекция "Оптические волноводы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Классификация оптических волноводов.
2. Распространение света в волноводах круглого сечения.
3. Распространение света в планарных волноводах.
4. Распространения света в полосковых волноводах.
5. Распространение света в волноводах типа "панда".

Лабораторная работа "Исследование телекоммуникационных линий связи" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Брэгговские решетки.

В теме "Брегговские решетки" представлены:

Лекция "Брегговские решетки" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Конструкция и принцип действия Брегговской решетки.
2. Взаимодействие оптического излучения с Брегговской решеткой.
3. Оптоволоконные Брегговские решетки.
4. Датчики на основе оптоволоконных Брегговских решеток.

Интегральная оптика.

В разделе интегральная оптика представлены темы:

1. Пассивные элементы интегрально-оптических схем.
2. Активные элементы интегрально-оптических схем.
3. Управление излучением в оптических волноводах.

Пассивные элементы интегрально-оптических схем.

В теме "Пассивные элементы интегрально-оптических схем" представлены:

Лекция "Пассивные элементы интегрально-оптических схем" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Интегрально-оптические элементы связи.
2. Планарные линзы.
3. Планарные призмы.

Активные элементы интегрально-оптических схем.

В теме "Активные элементы интегрально-оптических схем" представлены:

Лекция "Активные элементы интегрально-оптических схем" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Волноводные оптические усилители.
2. Оптоволоконные лазеры.

Лабораторная работа ". Исследование оптоволоконных лазеров" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Управление излучением в оптических волноводах.

В теме "Управление излучением в оптических волноводах" представлены:

Лекция "Управление излучением в оптических волноводах" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Интегрально-оптические модуляторы фазы
2. Интегрально-оптические модуляторы амплитуды.

Лабораторные работы:

"Исследование оптических свойств сред с помощью интерферометра Маха-Цендера" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

"Исследование интегрального электрооптического модулятора на основе интерферометра Маха-Цендера" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

"Исследование диэлектрического сенсора напряженности электрического поля СВЧ-диапазона" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Итоговое контрольное мероприятие

В разделе итоговое контрольное мероприятие приведен список экзаменационных вопросов.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Исследование телекоммуникационных линий связи:практикум/М-во образования и науки РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь,2017.-1. <https://elis.psu.ru/node/390259>
2. Квантовая и полупроводниковая электроника: лабораторный практикум:учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки магистров "Нанотехнологии и микросистемная техника"/М-во образования и науки РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь:Пермский государственный национальный исследовательский университет,2018, ISBN 978-5-7944-3032-5.-1.-Библиогр. в конце разд. <https://elis.psu.ru/node/494001>
3. Полупроводниковая электроника. Лабораторный практикум:учебно-методическое пособие для студентов физ. фак., обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника"/М-во образования и науки РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-1925-2.-172.-Библиогр. в конце работ
4. Исследование интегрального электрооптического модулятора на основе интерферометра Маха – Цендера:практикум/Пермский государственный национальный исследовательский университет.- Пермь:ПГНИУ,2020.-23. <https://elis.psu.ru/node/595352>
5. Шангина, Л. И. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Л. И. Шангина. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 301 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13939>
6. Ажеганов А. С.,Вольхин И. Л. Полупроводниковая электроника:курс лекция : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров "Радиофизика", "Нанотехнологии и микросистемная техника" и специальности "Информационная безопасность автоматизированных систем"/А. С. Ажеганов, И. Л. Вольхин.-Пермь,2015, ISBN 978-5-7944-2577-2.-269.-Библиогр.: с. 264
7. Ажеганов А. С.,Вольхин И. Л.,Шестакова Н. К. Квантовая и полупроводниковая электроника: курс лекций:учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки магистров "Нанотехнологии и микросистемная техника"/А. С. Ажеганов, И. Л. Вольхин, Н. К. Шестакова.- Пермь:ПГНИУ,2018, ISBN 978-5-7944-3213-8.-159. <https://elis.psu.ru/node/557330>

Дополнительная:

1. Радиоэлектроника. Лабораторный практикум:учебно-методическое пособие для студентов физического факультета, обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника"/М-во образования и науки РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-1974-0.-158.- Библиогр.: с. 151-153
2. Щука А. А. Электроника:[учеб. пособие] для студентов вузов, обучающихся по напр. 654100 - Электроника и микроэлектроника/под ред. А. С. Сигова.-СПб.:БХВ-Петербург,2006, ISBN 5-94157-461-4.-800.-Библиогр. в конце глав
3. Исследование диэлектрического сенсора напряженности электрического поля СВЧ-диапазона:практикум/М-во образования и науки РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь,2015.-1. <http://k.psu.ru/library/node/251025>

4. Азанова И. С., Шевцов Д. И. Физические свойства и структура волоконно-оптических систем: учеб.-метод. пособие/И. С. Азанова, Д. И. Шевцов.-Пермь:Перм. гос. ун-т,2007, ISBN 5-7944-0960-6.-43.- Библиогр.: с. 42

5. Радиочастотные и оптоволоконные линии связи. Антенны и устройства СВЧ. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие для студентов физического факультета, обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника"/М-во образования и науки РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-2008-1.-1. <http://www.campus.psu.ru/library/node/18818>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

WWW.KNIGA.SELUK.RU Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы

https://studme.org/270070/tehnika/fizicheskie_osnovy_kvantovoy_elektroniki Физические основы квантовой электроники

<https://dic.academic.ru/> Большая Советская энциклопедия

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Квантовая и полупроводниковая электроника** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

В учебном процессе для освоения дисциплины могут использоваться различные информационные технологии:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC».
2. Программы для демонстрации видео материалов (проигрыватель) «WindowsMediaPlayer».
3. Программа просмотра интернет контента (браузер) «Google Chrome».
4. Офисный пакет приложений «LibreOffice»

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лекций по дисциплине необходима поточная аудитория оснащенная:

1. Магнитно-маркерной или меловой доской;
2. Мультимедийным оборудованием для показа компьютерных презентаций и визуализированных материалов.

Для проведения лабораторных занятий по дисциплине необходимы три лаборатории

1. Полупроводниковой электроники оснащенная макетами лабораторных работ:
 - 1.1. Изучение фотоэлектронных приборов,

- 1.2. Изучение оптоэлектронных приборов,
- 1.3. Изучение статических характеристик терморезисторов.

Техническое оснащение лаборатории полупроводниковой электроники представлено в паспорте лаборатории.

2. Лаборатория сверхвысоких частот оснащенная макетами лабораторных работ:

- 2.1. Лабораторная станция оптоволоконной связи NI ELVIS II,
- 2.2. Исследование телекоммуникационных линий связи.

Техническое оснащение лаборатории сверхвысоких частот представлено в паспорте лаборатории.

3. Лаборатория квантовой оптической электроники оснащенная макетами лабораторных работ:

- 3.1. Исследование суперлюминесцентного диода,
- 3.2. Исследование волоконно-оптического усилителя.
- 3.3. Исследование интегрального электрооптического модулятора на основе интерферометра Маха-Цендера.

Аудитория для самостоятельной работы:

- 1) компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», с доступом в электронную информационно-образовательную среду ПГНИУ;
- 2) помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Аудитория для проведения групповых (индивидуальных) консультаций, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Аудитория для проведения мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

- Операционная система ALT Linux;
- Офисный пакет Libreoffice.
- Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Квантовая и полупроводниковая электроника**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.1

готовность формулировать цели и задачи научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области нанотехнологии и микросистемной техники</p>	<p>знать основы теории работы фото и оптоэлектронных квантовых приборов; уметь обрабатывать первичные результаты эксперимента; владеть навыками исследования основных характеристик фото и оптоэлектронных квантовых приборов.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основы теории работы фото и оптоэлектронных квантовых приборов; не умеет обрабатывать первичные результаты эксперимента; не владеет навыками исследования основных характеристик фото и оптоэлектронных квантовых приборов.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Знает неуверенно основы теории работы фото и оптоэлектронных квантовых приборов, имеет общие, но не структурированные знания основных положений и упрощающих предположений, используемых при изложении теории их работы; Демонстрирует частично сформированное умение изображать основные характеристики различных типов фото и оптоэлектронных квантовых приборов идеальные и реальные, не может указать масштабы по осям графиков; Владеет неуверенно и фрагментарно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов фото и оптоэлектронных квантовых приборов, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знает уверенно основы теории работы фото и оптоэлектронных квантовых приборов, однако имеются отдельные пробелы в области применимости упрощающих предположений; умеет уверенно изображать основные</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>характеристики различных типов фото и оптоэлектронных квантовых приборов идеальные и реальные, может указать масштабы по осям графиков, однако затрудняется объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и реальных характеристик;</p> <p>владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов фото и оптоэлектронных квантовых приборов может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно основы теории работы фото и оптоэлектронных квантовых приборов, демонстрирует систематические знания основных положений теории и области применимости упрощающих предположений, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя; умеет уверенно изображать основные характеристики различных типов фото и оптоэлектронных квантовых приборов идеальные и реальные, может указать масштабы по осям графиков, использует дополнительные источники информации при ответе на вопросы, может объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и реальных характеристик;</p> <p>владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов фото и оптоэлектронных квантовых приборов, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные результаты и указать погрешности измерений.</p>
ПК.1.2	знать основы теории работы	Неудовлетворител

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области нанотехнологии и микросистемной техники</p>	<p>оптических волноводов; уметь обрабатывать первичные результаты эксперимента; владеть навыками исследования основных характеристик телекоммуникационных линий связи.</p>	<p>Неудовлетворител Не знает основы теории работы оптических волноводов; не умеет обрабатывать первичные результаты эксперимента; не владеет навыками исследования основных характеристик телекоммуникационных линий связи.</p> <p>Удовлетворительн Знает неуверенно основы теории работы оптических волноводов, имеет общие, но не структурированные знания основных положений и упрощающих предположений, используемых при изложении теории их работы; Демонстрирует частично сформированное умение изображать структуры различных типов волн в оптических волноводах, не может объяснить причины возникновения дисперсии излучения; Владеет неуверенно и фрагментарно методиками экспериментального исследования основных характеристик телекоммуникационных линий связи, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя.</p> <p>Хорошо Знает уверенно основы теории работы оптических волноводов, однако имеются отдельные пробелы в области применимости упрощающих предположений; Умеет уверенно изображать структуры различных типов волн в оптических волноводах, однако затрудняется объяснить в следствие каких причин возникает дисперсия излучения; Владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик телекоммуникационных линий связи, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения измерений.</p> <p>Отлично Знает уверенно основы теории работы</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>оптических волноводов, демонстрирует систематические знания основных положений теории и области применимости упрощающих предположений, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя;</p> <p>Умеет уверенно изображать структуры различных типов волн в оптических волноводах, и указать причины возникновения дисперсия излучения, использует дополнительные источники информации при ответе на вопросы, может объяснить в следствие каких причин возникают искажения сигналов при прохождении по оптическим волноводам; владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов телекоммуникационных линий связи, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные результаты и указать погрешности измерений.</p>
<p>ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники</p>	<p>знать основы теории управления излучением в оптических волноводах; уметь обрабатывать первичные результаты эксперимента; владеть навыками исследования основных характеристик модуляторов излучения в оптических волноводах.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основы теории управления излучением в оптических волноводах; не умеет обрабатывать первичные результаты эксперимента; не владеет навыками исследования основных характеристик модуляторов излучения в оптических волноводах.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает неуверенно основы теории управления излучением в оптических волноводах, имеет общие, но не структурированные знания основных положений и упрощающих предположений, используемых при изложении теории их работы;</p> <p>Демонстрирует частично сформированное умение изображать основные характеристики различных типов модуляторов излучения в оптических волноводах идеальные и реальные, не может</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>указать масштабы по осям графиков; Владеет неуверенно и фрагментарно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов модуляторов излучения в оптических волноводах, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает уверенно основы теории управления излучением в оптических волноводах, однако имеются отдельные пробелы в области применимости упрощающих предположений; Умеет уверенно изображать основные характеристики различных типов модуляторов излучения в оптических волноводах идеальные и реальные, может указать масштабы по осям графиков, однако затрудняется объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и реальных характеристик; Владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов модуляторов излучения в оптических волноводах, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно основы теории управления излучением в оптических волноводах, демонстрирует систематические знания основных положений теории и области применимости упрощающих предположений, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя; Умеет уверенно изображать основные характеристики различных типов модуляторов излучения в оптических волноводах идеальные и реальные, может</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>указать масштабы по осям графиков, использует дополнительные источники информации при ответе на вопросы, может объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и реальных характеристик; Владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов модуляторов излучения в оптических волноводах, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные результаты и указать погрешности измерений.</p>
<p>ПК.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области нанотехнологии и микросистемной техники</p>	<p>знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - о зонной теории твердого тела как основе полупроводниковой электроники; - фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических; - основные параметры и характеристики, оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов; устройство и основные методы изготовления оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов; - условия обеспечения необходимых режимов работы и полного использования возможностей приборов; - типовые схмотехнические 	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - о зонной теории твердого тела как основе полупроводниковой электроники; - фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов; - основные параметры и характеристики, оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов; устройство и основные методы изготовления оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов; - условия обеспечения необходимых режимов работы и полного использования возможностей приборов; - типовые схмотехнические решения, реализующие аналоговые и цифровые функции; - тенденции и перспективы развития квантовой и полупроводниковой электроника, а также интегральной оптики; <p>Не умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - математически описать физические

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>решения, реализующие аналоговые и цифровые функции;</p> <ul style="list-style-type: none"> - тенденции и перспективы развития квантовой и полупроводниковой электроника, а также интегральной оптики; <p>умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - математически описать физические процессы, лежащие в основе действия квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов, и на основе полученных соотношений корректно рассчитать их параметры; - понимать принципы построения и функционирования схем экспериментальных установок на основе знаний физических процессов в квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборах, их параметров и характеристик; - применять знания принципа действия, параметров и характеристик квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов при выборе и использовании измерительной аппаратуры для сбора электрических и оптических схем экспериментальных установок и проведения экспериментов по заданной методике; - правильно использовать 	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>процессы, лежащие в основе действия квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов, и на основе полученных соотношений корректно рассчитать их параметры;</p> <ul style="list-style-type: none"> - понимать принципы построения и функционирования схем экспериментальных установок на основе знаний физических процессов в квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборах, их параметров и характеристик; - применять знания принципа действия, параметров и характеристик квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов при выборе и использовании измерительной аппаратуры для сбора электрических и оптических схем экспериментальных установок и проведения экспериментов по заданной методике; - правильно использовать терминологию в области квантовой полупроводниковой электроники, оптоволоконной фотоники и интегрально-оптики ; - получать знания из различных источников: лекций, учебников, научно-технической литературы, справочников и Интернет-ресурсов; <p>Не владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с современными квантовыми полупроводниковыми, оптоволоконными фотонными и интегрально-оптическими измерительными приборами и основными элементами квантовой полупроводниковой электроники, оптоволоконной фотоники и интегральной оптики; - ме <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает основы зонной теории твердого тела; имеет общие, но не структурированные знания:</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>терминологию в области квантовой полупроводниковой электроники, оптоволоконной фотоники и интегрально-оптики;</p> <p>- получать знания из различных источников: лекций, учебников, научно-технической литературы, справочников и Интернет-ресурсов;</p> <p>владеет:</p> <p>- навыками работы с современными квантовыми полупроводниковыми, оптоволоконными фотонными и интегрально-оптическими измерительными приборами и основными элементами квантовой полупроводниковой электроники, оптоволоконной фотоники и интегральной оптики;</p> <p>- методами измерения</p>	<p>Удовлетворительн</p> <p>- основных положений и упрощающих предположений, используемых при изложении теории работы квантовых полупроводниковых приборов;</p> <p>- фундаментальных физических процессов, определяющих принципы работы квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов;</p> <p>- основных параметров и характеристик, оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов;</p> <p>- основных методов изготовления оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов;</p> <p>- условия обеспечения необходимых режимов работы и полного использования возможностей приборов;</p> <p>- типовые схемотехнические решения, реализующие аналоговые и цифровые функции;</p> <p>- тенденции и перспективы развития квантовой и полупроводниковой электроники, а также интегральной оптики;</p> <p>Демонстрирует частично сформированное умение:</p> <p>- математически описать физические процессы, лежащие в основе действия квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов, однако не может на их основе корректно рассчитать основные параметры;</p> <p>- понимать принципы построения и функционирования схем экспериментальных установок на основе знаний физических процессов в квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборах, их параметров и характеристик;</p> <p>- применять знания принципа действия, параметров и характеристик квантовых</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов при выборе и использовании измерительной аппаратуры для сбора электрических и оптических схем экспериментальных установок и проведения экспериментов по заданной методике;</p> <ul style="list-style-type: none"> - правильно использовать терминологию в области квантовой полупроводниковой электроники, оптоволоконной фотоники и интегрально-оптики ; - получать знания из различных источников: лекций, учебников, научно-технической литературы, справочников и Интернет-ресурсов; <p>Владеет неуверенно и фрагментарно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с современными квантовыми полупроводниковыми, оптоволоко <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - о зонной теории твердого тела как основе полупроводниковой электроники; <p>однако имеются отдельные пробелы знаний:</p> <ul style="list-style-type: none"> - в области применимости упрощающих предположений при рассмотрении фундаментальных физических процессов, определяющих принципы работы квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических; - основных параметров и характеристик, оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов; - основных методов изготовления оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов; - условий обеспечения необходимых режимов работы и полного использования возможностей приборов; - типовых схмотехнических решений, реализующие аналоговые и цифровые функции;

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <ul style="list-style-type: none"> - тенденций и перспектив развития квантовой и полупроводниковой электроника, а также интегральной оптики; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - математически описать физические процессы, лежащие в основе действия квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов, и на основе полученных соотношений корректно рассчитать их параметры; - понимать принципы построения и функционирования схем экспериментальных установок на основе знаний физических процессов в квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборах, их параметров и характеристик; - применять знания принципа действия, параметров и характеристик квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов при выборе и использовании измерительной аппаратуры для сбора электрических и оптических схем экспериментальных установок и проведения экспериментов по заданной методике; - правильно использовать терминологию в области квантовой полупроводниковой электроники, оптоволоконной фотоники и интегрально-оптики ; - получать знания из различных источников: лекций, учебников, научно-технической литературы, справочников и Интернет-ресурсов; <p>Владеет уверенно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с современными квантовыми полупроводниковыми, оптоволоконными фотонными и интегрально-оптическими измерительными приборами и основными элементами кван <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - о зонной теории твердого тела как основе

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>полупроводниковой электроники;</p> <ul style="list-style-type: none"> - фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических; - основные параметры и характеристики, оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов; <p>устройство и основные методы изготовления оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов;</p> <ul style="list-style-type: none"> - условия обеспечения необходимых режимов работы и полного использования возможностей приборов; - типовые схемотехнические решения, реализующие аналоговые и цифровые функции; - тенденции и перспективы развития квантовой и полупроводниковой электроники, а также интегральной оптики; <p>Может ответить на дополнительные вопросы преподавателя;</p> <p>Умеет уверенно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - математически описать физические процессы, лежащие в основе действия квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов, и на основе полученных соотношений корректно рассчитать их параметры; - понимать принципы построения и функционирования схем экспериментальных установок на основе знаний физических процессов в квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборах, их параметров и характеристик; - применять знания принципа действия, параметров и характеристик квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов при выборе и использовании

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>измерительной аппаратуры для сбора электрических и оптических схем экспериментальных установок и проведения экспериментов по заданной методике;</p> <ul style="list-style-type: none"> - правильно использовать терминологию в области квантовой полупроводниковой электроники, оптоволоконной фотоники и интегрально-оптики ; - получать знания из различных источников: лекций, учебников, научно-технической литературы, справочников и Интернет-ресурсов; <p>Использует дополнительные источники информации при ответе на вопросы, Владеет уверенно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с современными квантовыми полупроводниковыми, оптоволоконными фотонными и интегрально-оптическими изм

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Фотоэлектронные квантовые приборы. Входное тестирование	Основные единицы измерения в системе СИ, основы высшей математики, основы радиоэлектроники, основы физики твёрдого тела.
ПК.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области нанотехнологии и микросистемной техники	Оптоэлектронные квантовые приборы. Защищаемое контрольное мероприятие	знание основ теории работы фото и оптоэлектронных квантовых приборов; умение обрабатывать первичные результаты эксперимента; владение навыками исследования основных характеристик фото и оптоэлектронных квантовых приборов.
ПК.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области нанотехнологии и микросистемной техники	Оптические волноводы. Защищаемое контрольное мероприятие	знание основ теории работы оптических волноводов; умение обрабатывать первичные результаты эксперимента; владение навыками исследования основных характеристик телекоммуникационных линий связи.
ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники	Управление излучением в оптических волноводах. Защищаемое контрольное мероприятие	знание основ теории управления излучением в оптических волноводах; умение обрабатывать первичные результаты эксперимента; владение навыками исследования основных характеристик модуляторов излучения в оптических волноводах.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области нанотехнологии и микросистемной техники</p> <p>ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники</p>	<p>Итоговое контрольное мероприятие</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>знание фундаментальных физических процессов, определяющих принципы работы квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических; - основные параметры и характеристики, оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов; устройство и основные методы изготовления оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов; условия обеспечения необходимых режимов работы и полного использования возможностей приборов; типовые схемотехнические решения, реализующие аналоговые и цифровые функции; тенденции и перспективы развития квантовой и полупроводниковой электроника, а также интегральной оптики; умение математически описать физические процессы, лежащие в основе действия квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов, и на основе полученных соотношений корректно рассчитать их параметры; понимать принципы построения и функционирования схем экспериментальных установок на основе знаний физических процессов в квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборах, их параметров и характеристик; применять знания принципа действия, параметров и характеристик квантовых полупроводниковых, оптоволоконных фотонных и интегрально-оптических приборов при выборе и использовании</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
		измерительной аппаратуры для сбора электрических и оптических схем экспериментальных установок и проведения экспериментов по заданной методике; правильно использовать терминологию в области квантовой полупроводниковой электроники, оптоволоконной фотоники и интегрально-оптики; получать знания из различных источников: лекций, учебников, научно-технической литературы, справочников и Интернет-ресурсов; владение: навыками работы с современными квантовыми полупроводниковыми, оптоволоконными фотонными и интегрально-оптическими измерительными приборами и основными элементами квантовой полупроводниковой электроники, оптоволоконной фотоники и интегральной оптики; методами измерения статических и динамических параметров квантовых полупроводниковых, оптоволоконных

Спецификация мероприятий текущего контроля

Фотоэлектронные квантовые приборы.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Ответ на первый вопрос.	10
Ответ на второй вопрос.	10
Ответ на третий вопрос.	10
Ответ на третий вопрос.	10
Ответ на десятый вопрос.	10
Ответ на шестой вопрос.	10
Ответ на седьмой вопрос.	10

Ответ на восьмой вопрос.	10
Ответ на девятый вопрос.	10
Ответ на пятый вопрос.	10

Оптоэлектронные квантовые приборы.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Исследование оптоэлектронных приборов" и дополнительные вопросы преподавателя один балл за один правильный ответ.	8
Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование оптоэлектронных приборов" 1 балл за каждые 20% выполненных заданий.	5
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование оптоэлектронных приборов" 1 балл за каждые 20% выполненных заданий.	5
Оформление отчета по лабораторной работы "Исследование оптоэлектронных приборов" 1 балл за каждые 50% выполненных заданий.	2

Оптические волноводы.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Исследование телекоммуникационных линий связи" 1 балл за один правильный ответ.	8
Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование телекоммуникационных линий связи" 1 балл за каждые 20% выполненных заданий.	5
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование телекоммуникационных линий связи" 1 балл за каждые 20% выполненных заданий.	5
Оформление отчета по лабораторной работы "Исследование телекоммуникационных линий связи" 1 балл за каждые 50% выполненных заданий.	2

Управление излучением в оптических волноводах.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Исследование диэлектрического сенсора напряженности электрического поля СВЧ-диапазона" 1 балл за один правильный	8

ответ.	
Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование диэлектрического сенсора напряженности электрического поля СВЧ-диапазона" 1 балл за каждые 20% выполненных заданий.	5
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование диэлектрического сенсора напряженности электрического поля СВЧ-диапазона" 1 балл за каждые 20% выполненных заданий.	5
Оформление отчета по лабораторной работы "Исследование диэлектрического сенсора напряженности электрического поля СВЧ-диапазона" 1 балл за каждые 50% выполненных заданий.	2

Итоговое контрольное мероприятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **6 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Ответ на первый вопрос экзаменационного билета.	10
Наличие конспекта лекций и самостоятельная работа в течение периода обучения.	10
Контроль лабораторного журнала и самостоятельной работы студента.	10
Ответ на второй вопрос экзаменационного билета.	10