

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования, первый
проректор
Т.А. Халачов
подпись
« 31 » _____ 24 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.11 Терагерцовая электроника

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки/специальность 03.04.03 Радиофизика
(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация Квантовые устройства и
радиофотоника
(наименование направленности (профиля) / специализации)

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация магистр

Краснодар 2024

Рабочая программа дисциплины Б1.В.11 Терагерцовая электроника составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 03.04.03 Радиофизика профиль «Квантовые устройства и радиофотоника»

код и наименование направления подготовки

Программу составил(и):

В.В. Галуцкий, доцент, д.ф.-м.н., доцент



Рабочая программа дисциплины Б1.В.11

Терагерцовая электроника утверждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий

протокол № 8 «16» апреля 2024 г.

Заведующий кафедрой,

д.ф.-м.н., профессор Лебедев К.А.


подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета

протокол № 5 «18» апреля 2024 г.

Председатель УМК факультета,

д.ф.-м.н., профессор Богатов Н.М.



Рецензенты:

Бабенко И.Д., ведущий специалист ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ»

Понетаева И.Г., старший инженер ПАО МТС

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Изучение приборной базы граничной спектральной области электроники и фотоники, существенно отличающейся как техникой генерации так и осуществлением приема и обработки электромагнитных волн

1.2 Задачи дисциплины

Освоение теоретических и практических вопросов, связанных со способами генерации, преобразования и детекции ТГц излучения. Формирование комплексного подхода у студентов в направлении практического использования возможностей ТГц электроники.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Б1.В.11 Терагерцовая электроника» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 2 курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: зачет.

Перечень предшествующих дисциплин, необходимых для ее изучения: Волновые процессы, Функциональные материалы радиопотоники, Лазерная спектроскопия. Перечень последующих дисциплин, для которых данная дисциплина является предшествующей в соответствии с учебным планом: Научно-исследовательская работа.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
ПК-2 Способен оптимизировать параметры технологических операций	
ИПК-2.3. Способен использовать методы исследования структур и анализа технологических сред	Знает основные методы исследования структур и анализа материалов методами ТГц спектроскопии
	Умеет применять методы ТГц спектроскопии при исследовании электронных и квантовых компонентов с целью оптимизации технологических цепочек
	Владеет навыками работы с ТГц-спектрографом
ПК-5 Способен разрабатывать техническое задание на экспериментальную проверку технологических процессов и испытаний выбранных материалов в рамках разработанной концепции, утвержденных экспериментальных методик	
ИПК-5.3. Владеет методами диагностики и контроля параметров наногетероструктур и наноструктурированных материалов	Знает основные методы и методики ТГц диагностики контроля параметров функциональных компонентов
	Умеет строить, на основании полученных экспериментальных результатов, физико-математическую модель эффективности компонентов микроэлектроники
	Владеет экспериментальными методиками диагностики электронных компонентов в ТГц области спектра

*Вид индекса индикатора соответствует учебному плану.

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		3 семестр (часы)	X семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
Контактная работа, в том числе:	36,2	36,2			
Аудиторные занятия (всего):	36	36			
занятия лекционного типа	12	12			
лабораторные занятия	24	24			
практические занятия					
семинарские занятия					
Иная контактная работа:	0,2	0,2			
Контроль самостоятельной работы (КСР)					
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2			
Самостоятельная работа, в том числе:	71,8	71,8			
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)					
Контрольная работа					
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)					
Реферат/эссе (подготовка)					
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	71,8	71,8			
Подготовка к текущему контролю					
Контроль:					
Подготовка к экзамену					
Общая трудоемкость	108	108	108		
	36,2	36,2	36,2		
	3	3	3		

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 3 семестре (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Взаимодействие терагерцевого излучения с веществом	20	2		8	10
2.	Квантовые источники терагерцевого излучения	17	2			15
3.	Излучатели с лазерной накачкой	20	2		8	10
4.	Диодные источники ТГц -излучения	17	2			15
5.	Источники ТГц-излучения на транзисторах	17	2			15
6.	Детекторы терагерцевого излучения	16,8	2		8	6,8
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>		12		24	71,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)					
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				

	Подготовка к текущему контролю					
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Взаимодействие терагерцевого излучения с веществом	Характеристики ТГц излучения. Взаимодействие с металлами, диэлектриками, полупроводниками.	опрос
2.	Квантовые источники терагерцевого излучения	Эффективность лазеров в ТГц диапазоне. Квантово-каскадные лазеры. Параметры. Дизайн. Структура. Резонаторы. Условия самовозбуждения. Перестройка частоты.	опрос
3.	Излучатели с лазерной накачкой	Принцип действия излучателей на фотопроводимости. Фотопроводящие смесители. Другие типы фотопроводящих излучателей (p-i-n структуры, эффект Дембера). Излучатели на основе нелинейного выпрямления.	опрос
4.	Диодные источники ТГц -излучения	Умножители частоты на варакторах. Генераторы на туннельных диодах. Усилители и генераторы на диодах Ганна	опрос
5.	Источники ТГц-излучения на транзисторах	Усилители и генераторы ТГц излучения на биполярных транзисторах. Структура и принцип действия ТГц усилителей на полевых транзисторах. Другие типы транзисторов ТГц диапазона	опрос
6.	Детекторы терагерцевого излучения	Термоэлектрические преобразователи (болومترты). Фотонные детекторы. Детекторы на полупроводниковых диодах.	опрос

2.3.2 Занятия семинарского типа (лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Взаимодействие терагерцевого излучения с веществом	Измерение спектров пропускания отражения материалов в ТГц диапазоне частот	Защита лабораторной работы (ЛР)
2.	Излучатели с лазерной накачкой	Исследование режимов генерации ТГц излучения с помощью фемтосекундных лазерных импульсов	Защита лабораторной работы (ЛР)
3.	Детекторы терагерцевого излучения	Измерение параметров сигнал/шум при детектировании ТГц излучения с помощью различных схем	Защита лабораторной работы (ЛР)

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

не предусмотрено

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка учебного (теоретического) материала	<p>1. Владимиров, Г.Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : учебное пособие / Г.Г. Владимиров. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 368 с. - URL: https://e.lanbook.com/book/211397.</p> <p>2. Григорьев, Андрей Дмитриевич. Микроволновая электроника : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров и магистров "Электроника и наноэлектроника" / А. Д. григорьев, В. А. Иванов, С. И. Молоковский ; под ред. А. Д. Григорьева. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2016.</p> <p>3. Смирнов, Юрий Александрович. Физические основы электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013</p> <p>4. Григорьев, Андрей Дмитриевич. Терагерцевая электроника / А. Д. Григорьев. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2020.</p> <p>5. Владимиров, Георгий Георгиевич. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : учебное пособие / Г. Г. Владимиров. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013.</p>
2	Подготовка к выполнению лабораторных работ	<p>1. Электронные устройства СВЧ. Кн. 2 / под ред. И. В. Лебедева ; [Н. В. Абакумов и др.]. - М. : Радиотехника, 2008.</p> <p>2. Галуцкий, Валерий Викторович . Оптоэлектронные и квантовые приборы в телекоммуникационных системах : практикум / В. В. Галуцкий, Е. В. Строганова, Н. А. Яковенко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2013.</p>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Б1.В.11 Терагерцовая электроника».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме доклада-презентации по проблемным вопросам, разноуровневых задани по лабораторным работам и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий (указать иное) к зачету.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИПК-2.3. Способен использовать методы исследования структур и анализа технологических сред	Умеет применять методы ТГц спектроскопии при исследовании электронных и квантовых компонентов с целью оптимизации технологических цепочек Владеет навыками работы с ТГц-спектрографом	Лабораторная работа №1	Вопрос на зачете 1-9
2	ИПК-5.3. Владеет методами диагностики и контроля параметров наногетероструктур и наноструктурированных материалов	Знает основные методы и методики ТГц диагностики контроля параметров функциональных компонентов Умеет строить, на основании полученных экспериментальных результатов, физико-математическую модель эффективности компонентов микроэлектроники Владеет	Лабораторная работа №2 Лабораторная работа №3	Вопрос на экзамене 10-19

		экспериментальными методиками диагностики электронных компонентов в ТГц области спектра		
--	--	---	--	--

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
Примерный перечень вопросов и заданий по результатам выполнения лабораторных работ:

Измерение спектров пропускания отражения материалов в ТГц диапазоне частот
 Исследование режимов генерации ТГц излучения с помощью фемтосекундных лазерных импульсов

Измерение параметров сигнал/шум при детектировании ТГц излучения с помощью различных схем

Реферат

Тематика рефератов

1. Квантовые каскадные лазеры
2. Тенденции использования приемников ТГц-излучения .

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)

1. Распространение ТГц-волн.
2. Преломление и отражение волн.
3. Характеристики ТГц-излучения. Распространение в атмосфере Земли.
4. Взаимодействие с диэлектриками. Взаимодействие с металлами. Взаимодействие со сверхпроводниками. Взаимодействие с полупроводниками.
5. Нелинейная поляризация. Внутренний фотоэффект. Эффект Дембера. Явление отрицательной дифференциальной подвижности. Явления на потенциальных барьерах.
6. Взаимодействие с 2д-структурами
7. Эффективность лазеров в ТГц-диапазоне. Молекулярные лазеры с оптической накачкой.
8. Квантовые каскадные лазеры. Принцип действия. Дизайны ККЛ. Структура ККЛ. Резонаторы ККЛ. Условия самовозбуждения. Перестройка частоты. Повышение рабочей температуры ККЛ.
9. Графеновые лазеры. Германиевые и кремниевые лазеры. Принцип действия. Лазеры на подзонных переходах. р-Ge-лазеры на циклотронном резонансе. Кремниевые лазеры..
10. Принцип действия излучателей на фотопроводимости. Фотопроводящая антенна. Материалы для ФП-излучателей. Конструкции и параметры импульсных генераторов на ФПА.
11. Фотопроводящие смесители. Излучатели с большим эмиттером. Антенные смесители. Антенны. Другие типы фотопроводящих излучателей.
12. Смесители на основе р-г-п-структур. Излучатели на эффекте Дембера. Излучатели на эффекте встроеного поля. Излучатели на ключах Остона.
13. Излучатели на основе нелинейного выпрямления. Излучатели на диэлектриках. Излучатели на нелинейных полупроводниках. Излучатели на газах
14. Умножители частоты на варакторах. Принцип действия. Варакторные диоды. Гетербарьерные варакторы. Схемы умножителей частоты. Генераторы на туннельных диодах. Структура и принцип действия туннельного диода. Резонансный туннельный диод. Генераторы и усилители на ТД. Генераторы на

- лавинно-пролетных диодах. Принцип действия ЛПД. Структуры ЛПД. Генераторы на ЛПД. Усилители и генераторы на диодах Ганна. Принцип действия. Генераторы на диодах Ганна.
15. Источники ТГц-излучения на транзисторах. Биполярные транзисторы. Принцип действия биполярного транзистора. Гетероструктурные БТ. Усилители и генераторы на биполярных транзисторах. Полевые транзисторы. Структура и принцип действия. Усилители на ТВПЭ. Другие типы транзисторов ТГц-диапазона. Графеновые транзисторы. Алмазные транзисторы. Резонансные туннельные транзисторы. Транзисторы с вакуумным каналом.
 16. Лазеры на свободных электронах. Устройство и принцип действия. Анализ процесса излучения. Параметры терагерцевых ЛСЭ. Гирорезонансные источники излучения. Устройство и принцип действия. Азимутальная группировка. Параметры и характеристики гиротронов ТГц-диапазона.
 17. Магнетроны. Устройство и принцип действия. Взаимодействие электронов с высокочастотным электрическим полем. Магнетроны терагерцевого диапазона. Лампы бегущей и обратной волны типа
 18. Усилительные клистроны. Устройство и принцип действия. Проблемы продвижения клистронов в ТГц-диапазон. Конструкция и параметры клистронов ТГц-диапазона. Лампы бегущей волны. Устройство и принцип действия. Конструкция и параметры ЛБВ терагерцевого диапазона. Лампы обратной волны. Устройство и принцип действия. Конструкция и параметры ЛОВ ТГц-диапазона. Оротроны. Устройство и принцип действия. Параметры и характеристики оротронов. Монотроны. Устройство и принцип действия. Конструкция и параметры.
 19. Детекторы терагерцевого излучения. Термоэлектрические преобразователи. Болметры. Ячейки Голея. Фотонные детекторы. Сверхпроводящие детекторы. Детекторы на фотопроводящих антеннах. Детекторы на полупроводниковых диодах. Лавинные детекторы. Детекторы на квантовых точках. Туннельные детекторы. Детекторы на горячих электронах. Детекторы на диодах Шоттки.

Критерии оценивания результатов обучения

Критерии оценивания по зачету:

«зачтено»: студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, знает формы практического использования модельных представлений о генерации и регистрации ТГц излучения, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять конструкционные параметры и физические принципы работы устройств ТГц электроники, иллюстрируя его примерами.

«не зачтено»: материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется привести примеры по режимам генерации и детектирования ТГц излучения, довольно ограниченный объем знаний программного материала.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

1. Владимиров, Г.Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : учебное пособие / Г.Г. Владимиров. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 368 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211397>.

2. Григорьев, Андрей Дмитриевич. Микроволновая электроника : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров и магистров "Электроника и наноэлектроника" / А. Д. Григорьев, В. А. Иванов, С. И. Молоковский ; под ред. А. Д. Григорьева. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2016.

3. Смирнов, Юрий Александрович. Физические основы электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013

4. Григорьев, Андрей Дмитриевич. Терагерцевая электроника / А. Д. Григорьев. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2020.

5. Владимиров, Георгий Георгиевич. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : учебное пособие / Г. Г. Владимиров. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013.

6. Импульсная электроника. Ч. 2 : Высокоэнергетичная импульсная электроника / Е. Ф. Лебедев, Е. А. Мелешко, Ю. С. Протасов, К. Ю. Сахаров ; под общ. ред. И. Б. Федорова. - Москва : Янус-К, 2013.

7. Алферов, Жорес Иванович. Избранные труды. Нанотехнологии / Ж. И. Алферов. - Москва : МАГИСТР-ПРЕСС, 2013

8. Винтизенко, Игорь Игоревич. Линейные индукционные ускорители для релятивистских СВЧ-приборов / И. И. Винтизенко. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012.

9. Электронные устройства СВЧ. Кн. 2 / под ред. И. В. Лебедева ; [Н. В. Абакумов и др.]. - М. : Радиотехника, 2008.

10. Галуцкий, Валерий Викторович . Оптоэлектронные и квантовые приборы в телекоммуникационных системах : практикум / В. В. Галуцкий, Е. В. Строганова, Н. А. Яковенко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2013.

5.2. Периодическая литература

Указываются печатные периодические издания из «Перечня печатных периодических изданий, хранящихся в фонде Научной библиотеки КубГУ» <https://www.kubsu.ru/ru/node/15554>, и/или электронные периодические издания, с указанием адреса сайта электронной версии журнала, из баз данных, доступ к которым имеет КубГУ:

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;

6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.uceba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы

КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1.	Взаимодействие терагерцевого излучения с веществом	10	Устный ответ, текстовый документ.	1
2.	Квантовые источники терагерцевого излучения	15	Устный ответ, текстовый документ.	2
3.	Излучатели с лазерной накачкой	10	Устный ответ, текстовый документ.	1
4.	Диодные источники ТГц -излучения	15	Устный ответ, текстовый документ..	1
5	Источники ТГц-излучения на транзисторах	15	Устный ответ, текстовый документ.	2
6	Детекторы терагерцевого излучения	6,8	Устный ответ, текстовый документ.	1
	Итого	71,8		10

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа 227С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 227С, 119С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование: компьютерный класс	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория «Материалов и компонентов фотоники» 122С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование: источники лазерного излучения, фемтосекундный лазер, высокоскоростной детектор излучения, осциллограф, терагерцовый спектрометр, фемтосекундный лазер, ТГц антенны	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы	Оснащенность помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
---	---	---

обучающихся	обучающихся	
<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)</p>	<p>Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition</p>
<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.207С)</p>	<p>Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition</p>

Рецензия

на рабочую программу дисциплины «Б1.В.11 Терагерцовая электроника» для студентов направления подготовки 03.04.03 Радиофизика (квалификация (степень) " магистр ").

Программа подготовлена и.о. зав. кафедрой радиофизики и нанотехнологий физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ» Галуцким Валерием Викторовичем.

План рабочей программы включает следующие разделы: «Цели и задачи предмета», «Положение предмета в структуре основной образовательной программы», «Перечень программных результатов обучения по предмету», «Программные результаты, относящиеся к образовательной программе магистратуры», «Общая сложность предмета», Образовательные технологии, промежуточная аттестация Описание формата, предмета обучения и методики, информационное и материально-техническое обеспечение.

План рабочей программы дисциплины «Б1.В.11 Терагерцовая электроника» содержит примеры средств оценивания для контроля результатов обучения. В тематической программе предмета выделяют следующие компоненты: лекции, лаборатории, практические занятия и самостоятельную работу студентов, соответствующие требованиям образовательных стандартов.

Программа подготовки магистров направления 03.04.03 Радиофизика Направленность (профиль) «Квантовые устройства и радиофотоника» адаптирована к специфике будущей профессиональной деятельности выпускника, включающей научно-исследовательскую (как основной вид деятельности), проектную деятельность. Таким образом, программа работы по данной дисциплине полностью соответствует ФГОС ВО и основным образовательным программам по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика, профиль Квантовые устройства и радиофотоника (квалификация (степень) "магистр") и может использоваться в образовательных процессах в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

Профессор кафедры оптоэлектроники
Физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ»,
доктор физ.-мат. наук, доцент

 М. М. Векшин

Рецензия

на рабочую программу дисциплины «Б1.В.11 Терагерцовая электроника»
для студентов направления подготовки 03.04.03 Радиофизика (квалификация (степень) "
магистр").

Программа подготовлена и.о. зав. кафедрой радиофизики и нанотехнологий физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ» доцентом Галуцким Валерием Викторовичем.

Рабочая программа включает следующие разделы: цели и задачи дисциплины, место дисциплины в структуре основной образовательной программы, перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, общую трудоемкость дисциплины, образовательные технологии, формы промежуточной аттестации, описание учебно-методического, информационного и материально-технического обеспечения дисциплины.

В рабочей программе дисциплины «Б1.В.11 Терагерцовая электроника» указаны примеры оценочных средств для контроля результатов обучения. В тематическом плане дисциплины выделены следующие составляющие: лекции, лабораторные, практические занятия и самостоятельная работа студентов, отвечающие требованиям образовательного стандарта.

Рабочая программа подготовки магистров направления 03.04.03 Радиофизика Направленность (профиль) «Квантовые устройства и радиофотоника» отвечает специфике будущей профессиональной деятельности выпускников, в том числе научно-исследовательской (как основная); проектной деятельности.

Таким образом, рабочая программа дисциплины полностью соответствует ФГОС ВО и основной образовательной программе по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика, профиль Квантовые устройства и радиофотоника (квалификация (степень) "магистр") и может быть использована в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

Руководитель группы по проектированию беспроводных систем связи

Отдел по проектированию станционных сооружений связи

Южный филиал ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ»


И. Д. Бабенко

Свидетельствую подлинность подписи И.Д. Бабенко

Начальник отдела по проектированию
станционных сооружений связи


И. М. Милто

«24» августа 2022

