

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Электронные приборы и устройства»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

«Б.1.3.10.1. Твердотельные приборы СВЧ»

направления подготовки

11.03.04 "Электроника и микроэлектроника"

Профиль 1 - Электронные приборы и устройства

форма обучения – очная

курс – 3

семестр – 6

зачетных единиц – 4

часов в неделю – 4

всего часов – 144,

в том числе:

лекции – 28

коллоквиумы – 8

практические занятия – нет

лабораторные занятия – 36

самостоятельная работа – 72

зачет с оценкой – 6 семестр

экзамен – нет

РГР – нет

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет

1. Цели и задачи дисциплины

Твердотельная электроника СВЧ – одно из наиболее перспективных и быстроразвивающихся направлений современной электронной техники. Твердотельные приборы СВЧ и устройства на их основе позволяют решать разнообразные функциональные задачи, обеспечивая существенное увеличение надежности, степени микроминиатюризации, автоматизации производства аппаратуры, снижения ее энергопотребления и стоимости. В связи с этим изучение дисциплины «Твердотельные приборы СВЧ» является необходимым звеном подготовки современного инженера электронной техники, специализирующегося в области электронных приборов радиотехнического назначения и является составной частью курса «Физические основы электроники» и его развитием.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Особенностью данной дисциплины является то, что она базируется практически на всем объеме знаний, полученном студентами за время обучения в университете. Успешное изучение ее предполагает фундаментальную подготовку в области математики, физики, физических основ электроники, электродинамики, электронных цепей, которая создается при изучении соответствующих дисциплин учебного плана. В связи с этим при преподавании дисциплины большое внимание следует обратить на установление связей излагаемого материала с фундаментальными физическими законами и явлениями.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК -1);

Студент должен знать:

- принципы и физические механизмы работы основных типов твердотельных приборов СВЧ на основе полупроводников;
- линейную теорию работы полупроводниковых приборов СВЧ – диодов с положительным и отрицательным динамическим сопротивлением, биполярных и полевых транзисторов;
- методы и основные результаты математического моделирования процессов в диодах и транзисторах СВЧ;
- конструкцию, параметры и характеристики твердотельных приборов СВЧ, основные области их применения;

- элементы теории и практического применения сверхпроводящих структур на основе эффекта Джозефсона.

Студент должен уметь:

- провести расчет характеристик и параметров основных типов полупроводниковых приборов СВЧ.

Студент должен владеть навыками, позволяющими провести выбор типа твердотельного прибора СВЧ, наиболее пригодного для обеспечения заданных параметров функционального устройства.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Мо-ду-ля	№ Не-де-ли	№ Те-мы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лек-ции	Колл-ок-виумы	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6 семестр									
1	1	1	Электронные процессы в полупроводниках	6	2				4
1	2,3	2	Диоды СВЧ. Детекторные и смесительные диоды.	20	2	2	6		10
1	4	3	Диоды с управляемой емкостью	6	2				4
1	5,6	4	Переключательные диоды. Pin диоды	12	2		6		4
2	7-9	5	Лавинно-пролетные диоды	16	2	6			8
2	10-12	6	Диоды Ганна	12	6				6
2	13-15	7	СВЧ транзисторы	54	6		24		24
2	16	8	Полевые транзисторы	4	2				2
2	17, 18	9	Эффект Джозефсона. Приборы, использующие эффект Джозефсона	14	4				10
Всего				144	28	8	36		72

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Электронные процессы в полупроводниках. Свойства материалов. Зависимость $v_{др} = f(E)$. Электронно-дырочный переход. Приборы p-n перехода. Барьер Шоттки. Технология изготовления.	1
2	2	2	Диоды СВЧ. Детекторные и смесительные диоды. Устройство V-A характеристики. Шумы в диодах. Схема микрополоскового смесителя.	1,2
3	2	3	Диоды с управляемой емкостью. Параметр. Усилители. Умножительные диоды. Система параметр. Усиления. Топологическая схема.	2,3
4	2	4	Переключательные диоды. Pin диоды. Схема включения. Работа при прямом и обратном напряжении.	2,3
5	2	5	Лавинно-пролетные диоды. Структуры. Временные и пространственные зависимости. Процессы в области умножения и дрейфа. Полный и пусковой токи.	3,4
6	2	6	Диоды Ганна. Междолинный переход электронов. Материалы и параметры. структура.	3,4,5
	2	7	Диоды Ганна. Зависимость дрейфовой скорости от поля. Правило равных площадей. Физические принципы. Эквивалентная схема и профиль легирования примесей	3,4,5
	2	8	Диоды Ганна. Режимы работы диодов Ганна. Доменные режимы, пролетный с задержкой и с гашением домена. Режим ОНОЗ и другие.	4,5
7	2	9	СВЧ транзисторы. Типовые характеристики. Граничная частота. Структурная схема. Уменьшение времени переноса. Дрейфовый транзистор. Эффект оттеснения тока. Структуры транзисторов.	2,4
	2	10	СВЧ транзисторы. Эквивалентная схема. Режимы работы. Малосигнальный режим. Режим большого сигнала.	3,4

	2	11	СВЧ транзисторы. Частотные характеристики. Коэффициенты передачи тока эмиттера, базы, коллектора и коллекторной области. Суммарный коэффициент передачи тока.	3,4
8	2	12	Полевые транзисторы (ПТР). Структуры с барьером Шоттки. Время пролета носителей. Эквивалентная схема. параметры	2,3
9	2	13	Эффект Джозефсона. Стационарный и нестационарный.	2,3
	2	14	Приборы СВЧ, использующие эффект Джозефсона	3,5

6. Содержание коллоквиумов

№ темы	Всего часов	№ коллоквиума	Тема коллоквиума. Вопросы, отрабатываемые на коллоквиуме	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
2	2	1	Туннельные диоды. Структура энергетических зо. Вольт-амперные характеристики. Условие тенелирования. Обращенные диоды	1,2
5	6	2	Лавинно-пролетные диоды. Уравнение непрерывности. Режим малых амплитуд. Полный ток. Область лавинного умножения. Область дрейфа. Режим больших амплитуд. Двухпролетные диоды.	2,3

7. Перечень практических занятий - учебным планом не предусмотрены

8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
2	6	Исследование работы СВЧ детектора	2,3,4,7
4	6	Исследование характеристик рпн диода	2,3,4,7
7	6	Исследование амплитудных характеристик СВЧ транзистора	1,3,5,7
7	6	Исследование амплитудно-частотных характеристик СВЧ транзистора	1,3,5,7
7	6	Вольт-амперные характеристики СВЧ транзистора в статическом и динамическом режиме	1,3,5,7
7	6	Исследования характеристик СВЧ транзистора в режиме многократных измерений	1-5,7

Методические указания по выполнению лабораторных работ приведены в соответствующем разделе ИОС [7].

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	4	Электронные процессы в полупроводниках. Свойства материалов. Зависимость $v_{др} = f(E)$. Электронно-дырочный переход. Приборы p-n перехода. Барьер Шоттки. Технология изготовления.	1
2	10	Диоды СВЧ. Детекторные и смесительные диоды. Устройство V-A характеристики. Шумы в диодах. Схема микрополоскового смесителя.	1,2
3	4	Диоды с управляемой емкостью. Параметр. Усилители. Умножительные диоды. Система параметр. Усиления. Топологическая схема.	2,3
4	4	Переключательные диоды. Pin диоды. Схема включения. Работа при прямом и обратном напряжении.	3,4
5	8	Лавинно-пролетные диоды. Структуры. Временные и пространственные зависимости. Процессы в области умножения и дрейфа. Полный и пусковой токи.	3,4,5
6	6	Диоды Ганна. Междолинный переход электронов. Материалы и параметры. структура.	4,5
7	24	Диоды Ганна. Зависимость дрейфовой скорости от поля. Правило равных площадей. Физические принципы. Эквивалентная схема и профиль легирования примесей	2,4
8	2	Диоды Ганна. Режимы работы диодов Ганна. Доменные режимы, пролетный с задержкой и с гашением домена. Режим ОНОЗ и другие.	3,4
9	10	СВЧ транзисторы. Типовые характеристики. Граничная частота. Структурная схема. Уменьшение времени переноса. Дрейфовый транзистор. Эффект отеснения тока. Структуры транзисторов.	3,5

Методические указания по самостоятельному изучению отдельных разделов дисциплины приведены в соответствующем разделе ИОС [7].

10. Расчетно-графическая работа - учебным планом не предусмотрена

11. Курсовая работа - учебным планом не предусмотрена

12. Курсовой проект - учебным планом не предусмотрен

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

В процессе освоения образовательной программы формируется отдельные элементы компетенций:

ПК -1: способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

Содержание лекционного курса и лабораторных занятий формируют на рассматриваемом этапе элементы компетенций в части, касающейся построения простейших физических и математических моделей твердотельных приборов СВЧ.

Процедура оценивания знаний, умений и навыков проводится в соответствии со следующими методическими материалами и заключается:

- в проведении устного зачетного опроса в виде диалога преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала;

- отчетов по лабораторным работам, для оценки способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, а также составления выводов;

Показателем оценивания степени усвоения знаний элемента компетенций, является оценка, полученная на зачете при ответе на вопросы для зачета с оценкой. Оценка выставляется по четырехбалльной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа ответа на вопросы для зачета с оценкой. При этом руководствуются следующими критериями.

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Отлично	Заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, предусмотренного программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.
Хорошо	Заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Удовлетворительно	Заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка выставляется обучающимся, допустившим погрешности при ответе и выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.
Неудовлетворительно	Выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала. Оценка ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по рассматриваемой дисциплине

Умения и навыки, приобретенные студентом на этапе освоения указанной части компетенций при преподавании (изучении) рассматриваемой дисциплины, оцениваются по результатам выполнения:

- лабораторных работ,
- самостоятельной работы.

Показателем оценивания степени усвоения знаний элемента компетенций, является оценка, полученная при отчете по лабораторным работам, самостоятельной работе. Оценка выставляется по четырехбалльной шкале, соответствующей оценкам «зачтено» («отлично», «хорошо», «удовлетворительно») и «не зачтено» («неудовлетворительно») и осуществляется путем анализа знаний теоретического материала, проведенного эксперимента, оформленного отчета.

При этом руководствуются следующими критериями при оценивании знаний теоретического материала, проведенного эксперимента и оформленного отчета:

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Зачтено (отлично)	Выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности и правил оформления отчета. Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают необходимые для выполнения предлагаемых работ в задании источники знаний, показывают необходимые для проведения лабораторной работы теоретические знания, практические умения и навыки.
Зачтено	Выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме и самостоятельно. Допускаются

(хорошо)	отклонения от необходимой последовательности выполнения и правил оформления отчета, не влияющие на правильность конечного результата. Студенты используют указанные преподавателем источники знаний, таблицы из приложения к учебнику, страницы из справочной литературы по предмету. Задание показывает знание учащихся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Могут быть неточности и небрежность в оформлении результатов работы.
Зачтено (удовлетворительно)	Выставляется студенту, если задание на практическую работа выполняется и оформляется студентами при помощи преподавателя или хорошо подготовленных и уже выполненных на «отлично» данную работу студентов. На выполнение задания затрачивается много времени (можно дать возможность доделать работу дома). Студенты показывают знания теоретического материала, но испытывают затруднение при самостоятельной работе с физическими приборами, графиками, таблицами справочной литературы.
Не зачтено (неудовлетворительно)	Выставляется, если студенты показывают плохое знание теоретического материала и отсутствие умения применить знания к решению практической задачи, неумение оформить отчет. Руководство и помощь со стороны преподавателя и хорошо подготовленных студентов неэффективны по причине плохой подготовки студента.

Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине «Твердотельные приборы СВЧ» включает учет успешности выполнения лабораторных работ, самостоятельной работы и сдачу зачета с оценкой.

Вопросы для зачета с оценкой

1. Этапы развития твердотельной электроники СВЧ, ее функциональные возможности. Классификация ТТП СВЧ.
2. Основные физические явления ПП электроники СВЧ.
3. Явление отрицательной дифференциальной подвижности (ОПД).
4. Релаксация объемного заряда.
5. Ударная ионизация и лавинный пробой.
6. Явление накопления объемного заряда и диффузионная емкость.
7. Детекторные и смесительные диоды, их структура и параметры. Схемы и параметры детекторов и смесителей.
8. Управляющие pin - диоды, их структуры, характеристики и параметры.

9. Схемы и параметры управляющих устройств
10. Варакторные диоды, их структуры, характеристики и параметры.
11. Особенности использования варакторов в схемах умножителей частоты и параметрических усилителей.
12. Диоды с накопителем заряда.
13. Шумы варакторных диодов.
14. Принцип действия лавинно-пролетного диода (ЛПД).
15. Полная проводимость ЛПД в линейном режиме.
16. Работа ЛПД в режиме большого сигнала, его выходная мощность и КПД.
17. Работа ЛПД в режиме с захватом плазмы.
18. Структуры и конструкции ЛПД.
19. Схемы и параметры усилителей и генераторов на ЛПД.
20. Инжекционно-пролетные диоды (ИПЛ), их принцип действия, конструкция и параметры
21. Эффект Ганна и его использование в диодах с междолинным переносом (МЭП-диодах).
22. Обогащенные слои и домены сильного поля в суперкритически легированных МЭП-диодах
23. Доменные режимы работы генераторов на МЭП-диодах.
24. Структуры и конструкции МЭП-диодах. Схемы и параметры усилителей и генераторов на МЭП-диодах.
25. Эквивалентная схема биполярного планарного транзистора (БТ) на высоких частотах.
26. Основные ограничения по увеличению предельной частоты. Номинальный коэффициент усиления БТ, его устойчивость, максимальная и предельная частоты.
27. Шумы БТ
28. Структуры и конструкции БТ СВЧ.
29. Схемы и параметры усилителей и генераторов СВЧ и БТ.
30. Структура и эквивалентная схема полевого транзистора СВЧ, его номинальный коэффициент усиления и максимальная рабочая частота. Шумы ПТ.
31. Полевые транзисторы с баллистическим пролетом носителей заряда. Конструкция ПТ СВЧ. Схемы и параметры усилителей и генераторов СВЧ на ПТ.
32. Эффект Джозефсона и его использование в технике СВЧ.
33. Базовые характеристики эффекта Джозефсона
34. Конструкция детекторов и смесителей СВЧ на основе сверхпроводящих квантовых интерферометрических датчиков.
35. Функциональные микроэлектронные СВЧ устройства.
36. Перспективы развития твердотельной СВЧ электроники.

Вопросы для экзамена экзамен учебным планом не предусмотрен

Тестовые задания по дисциплине

1. Детектор преобразует
 1. постоянный ток в переменный
 2. переменный ток в переменный
 3. переменный ток в постоянный
 4. постоянный ток в постоянный
2. При прямом напряжении V-A характеристику диода можно приближенно рассматривать как
 1. линейную
 2. квадратичную
 3. кубическую
 4. параболическую
3. Укажите значение мощности на выходе генератора, выраженное в долях ватта, если его величина в дБ составляет минус 40 дБ при опорном (базовом) уровне в 1 Вт
 1. 10 мкВт
 2. 100 мкВт
 3. 1 мкВт
 4. 10 мкВт
4. В формуле, определяющей V-A характеристику диода, есть параметр n , величина которого зависит от
 1. типа перехода
 2. режима работы
 3. концентрации примесей
5. Обращенный диод является разновидностью
 1. лавинно-пролетного диода
 2. туннельного диода
 3. диода Ганна
 4. pin диода
 5. параметрического диода
6. В режиме детектирования точечный диод СВЧ использует ветвь характеристики при напряжении
 1. прямом
 2. обратном
7. Эквивалентная схема диода СВЧ соответствует его физическим параметрам, когда его рабочая длина волны λ находится в соотношении с его геометрическими размерами l в следующем виде:
 1. $\lambda \gg l$
 2. $\lambda \approx l$
 3. $\lambda \ll l$
8. Укажите минимальную мощность, которую можно обнаружить детекторным диодом СВЧ (в Вт)
 1. $10^{-6} - 10^{-7}$
 2. $10^{-8} - 10^{-9}$
 3. $10^{-4} - 10^{-5}$

4. $10^{-2} - 10^{-3}$

9. Составляющие шумов диода СВЧ связаны с известными физическими явлениями. Укажите соответствие

- | | |
|-------------------------|---|
| а) составляющие шумов | б) физические явления |
| 1. белый (тепловой) шум | 1. дробовый эффект |
| 2. фликер - шум | 2. поверхностные и рекомбинационные эффекты |

10. Минимальная мощность, которую может обнаружить детекторный диод, ограничен

1. крутизной В/А характеристики
2. шумовыми характеристиками

11. Квадратичное детектирование диода СВЧ проявляется при уровнях мощности СВЧ сигнала

1. малых
2. больших

12. У реальных диодов СВЧ чувствительность по току составляет

1. 10-20 А/Вт
2. 10-20 мА/Вт
3. 10-20 мкА/Вт

13. В режиме детектирования обращенный диод используют ветвь V-А характеристики при напряжении

1. прямом
2. обратном

14. В режиме детектирования диоды СВЧ используют определенную ветвь V-А характеристики. Укажите соответствие:

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| а) тип диода | б) приложенное напряжение |
| 1. обращенный | 1. прямое |
| 2. точечный | 2. обратное |
| 3. с барьером Шоттки | |

Примечание:

Во всех тестовых заданиях существует только один правильный ответ или однозначное соответствие элементов одного множества элементам другого множества.

Ответы на тестовые задания необходимо давать по форме, например, 1.4. или 2.1 на выбор правильного ответа (первая цифра – номер задания, вторая – вариант ответа) или а₁ – б₃ в заданиях на соответствие (9,14), что означает: i-му элементу множества а соответствует j-й элемент множества б, например, вариант а₁ – б₃ определяет, что первому элементу множества а соответствует третий элемент множества б.

14. Образовательные технологии

Лекционный курс читается с применением *информационно-коммуникационных образовательных технологий* (организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией).

Изложение всего материала (*лекции-визуализации*) сопровождается презентациями (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических).

Коллоквиумы проводятся с применением *интерактивных технологий и технологий проблемного обучения* (лекция-дискуссия, в ходе которой решается комплексная учебная задача).

При проведении лабораторных работ наряду с *традиционными образовательными технологиями* (лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами) применяются *технологии проблемного обучения* (проведение практикумов - организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков) и *технологии проектного обучения* (выполнение творческих и информационных проектов).

Дисциплина «Твердотельные приборы СВЧ» состоит: из лекционной части в мультимедийном исполнении; лабораторных работ для закрепления полученных знаний; самостоятельных занятий для подготовки к лабораторным занятиям, поискового назначения, овладения учебным материалом и освоения дополнительной литературы.

Блок «самостоятельная работа» представляет реферативную работу, консультации по электронной почте и в on-line режиме.

Для эффективной реализации целей и задач ФГОС ВО, для воплощения компетентностного подхода в преподавании дисциплины «Автоматизация проектирования электронных устройств» используются следующие образовательные технологии и методы обучения:

Вид занятия	Технология	Цель	Формы и методы обучения
1	2	3	4
Лекции	Технология проблемного обучения	Усвоение теоретических знаний, развитие мышления, формирование профессионального интереса к будущей деятельности	Мультимедийные лекция-объяснение, лекция-визуализация, с привлечение формы тематической дискуссии, беседы, анализа конкретных ситуаций
Лабораторные работы	Технология проблемного, модульного, дифференцированного и активного обучения, деловой игры	Развитие творческой и познавательной самостоятельности, обеспечение индивидуального подхода с учетом базовой подготовки. Организация активности студентов, обеспечение	Индивидуальный темп обучения. Инновационные интерактивные методы в обучении: использование Интернет - ресурсов для выполнения лабораторных работ, использование offline

		лично- деятельного характера усвоения знаний, приобретения навыков, умений.	(электронная почта) для обмена информацией, консультаций с преподавателем, Постановка проблемных познавательных задач. Методы активного обучения: «круглый стол», игровое производственное проектирование, анализ конкретных ситуаций.
Самостоятельная работа	Технологии концентрированного, модульного, дифференцированного обучения	Развитие познавательной самостоятельности, обеспечение гибкости обучения, развитие навыков работы с различными источниками информации, развитие умений, творческих способностей.	Индивидуальные, групповые, интерактивные (в режимах on-line и off-line).

Образовательные технологии включают современные информационные технологии с применением средств ВТ, поиск необходимой информации в интернете и в профильной периодической печати из списка ВАК.

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ИЗДАНИЯ

1. Игумнов Д.В. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Игумнов Д.В., Костюнина Г.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2011.— 394 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12016> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Соколова Ж.М. Микроволновые приборы и устройства [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Соколова Ж.М.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2009.— 272 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13945> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Соколова Ж.М. Приборы и устройства СВЧ, КВЧ и ГВЧ диапазонов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Соколова Ж.М.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 283 с.— Режим

доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13961> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю

4. Григорьев А.Д., Иванов В.А., Молоковский С.И. Микроволновая электроника: Учебное пособие/Под ред. А.Д.Григорьева - СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 496с.: ил. – (Учебник для вузов. Специальная литература).

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИЗДАНИЯ

5. Шишкин Г.Г. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шишкин Г.Г., Агеев И.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 409 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6462> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю
6. Замотринский В.А. Устройства СВЧ и антенны. Часть 1. Устройства СВЧ [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Замотринский В.А., Шангина Л.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 222 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13996> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

7. Известия вузов. Электроника [Текст]: науч.-техн. журн. - М. : МИЭТ, 1996 - . - Выходит раз в два месяца. - ISSN 1561-5405

ИСТОЧНИКИ ИОС

8. Твердотельные приборы СВЧ. Режим доступа <https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/EPU/ELNE/B.1.3.10.1/default.aspx>
По паролю

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

По дисциплине имеются лабораторные работы с современным техническим обеспечением, позволяющим проводить необходимые измерения как в учебном плане, так и с элементами научно-исследовательской работы.

Лаборатория располагается в отдельном помещении 60 м². Измерительное оборудование включает источники питания, генераторы, измерители частоты, измерители мощности, регистрирующую аппаратуру. Частотный диапазон приборов и их выходная мощность не представляют опасности и постоянно контролируются.

При необходимости, кафедра располагает необходимыми приборами для замены вышедших из строя.

Информационное и учебно-методическое обеспечение: ЭБС «IPRbooks», электронная библиотека СГТУ имени Гагарина Ю.А., электронная информационно-образовательная среда СГТУ имени Гагарина Ю.А.