

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»
Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра радиофизики и электроники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для самостоятельной работы по дисциплине
«МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»
студентов магистратуры по направлению 03.04.02 .-Физика
Очная форма обучения

Гурин Н.Т.

Ульяновск 2020

Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Микро- и наноэлектроника» студентов магистратуры по направлению 03.04.02 .-Физика. Очная форма обучения. Гурин Н.Т.- Ульяновск: УлГУ, 2020.

Настоящие методические указания предназначены для студентов направления 03.04.02 «Физика», изучающих дисциплину «Микро- и наноэлектроника». В работе приведены методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы, задания для самостоятельного выполнения, список рекомендуемой литературы, программное обеспечение по дисциплине. Предназначены для студентов очной формы обучения при подготовке к лабораторным занятиям и к экзамену по данной дисциплине. Рекомендованы к использованию Ученым советом Инженерно-физического факультета высоких технологий УлГУ Протокол №11 от « 16» июня 2020 г.

1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы.

По данной дисциплине организуется и проводится внеаудиторная самостоятельная работа.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Самостоятельная работа по данной дисциплине состоит из следующих модулей:

проработка лекционного материала

- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к экзамену.

При проработке лекционного материала, подготовке к лабораторными занятиям и контрольным мероприятиям рекомендуется руководствоваться учебниками, учебными пособиями, методическими указаниями для выполнения лабораторных работ в том числе и информацией, полученной в Internet.

Студентам рекомендуется следующий порядок организации самостоятельной работы над лекционным материалом и подготовки к лабораторным занятиям:

- ознакомиться с содержанием темы;
- прочитать материал лекций, при этом нужно составить себе общее представление об излагаемых вопросах;
- прочитать параграфы учебника, относящиеся к данной теме;
- перейти к тщательному изучению материала, усвоить теоретические положения и выводы, при этом нужно записывать основные положения темы (формулировки, определения, термины, воспроизводить отдельные схемы и чертежи из учебника и конспекта лекций, а также методических указаний для выполнения лабораторных работ)
- подготовить и оформить отчет по лабораторной работе.

2. Задания для самостоятельного выполнения.

Название и разделов	Темы лекций	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<i>Раздел 1. .</i> Введение	1. Основные этапы и тенденции развития электроники.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена – п.4 метод. указ., вопросы 1,2.</i>
	2. Классификация ИС. Виды технологии ИС.		<i>Проработка учебного</i>

			<i>материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 3, 4.</i>
Раздел 2. . Конструкции и технологии полупроводниковых ИС	1. Основные технологические этапы производства полупроводниковых ИС. Обработка полупроводниковых материалов. Маскирующие и изолирующие пленки. Фото- и опто- литография. Электронолитография, ионная литография, рентгенолитография. Диффузия. Эпитаксия. Ионное легирование. Контроль параметров слоев. Металлизация.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 5-15.</i>
	2. Методы изоляции элементов. Методы диодной изоляции. Методы диэлектрической изоляции. Комбинированные методы изоляции.		<i>. Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 16-18.</i>
	3. Принципы действия и конструкции биполярных транзисторов, диодов, конденсаторов и резисторов	Лабораторная работа №2.Изучение полупроводникового диода. Лабораторная работа №3. Температурная зависимость параметров р-п-	<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ.,</i>

	полупроводниковых ИС.	<p>переходов.</p> <p>Лабораторная работа №4. Изучение работы транзистора в схеме с общей базой.</p> <p>Лабораторная работа № 5. Вольт-амперные характеристики транзистора в схеме с общим эмиттером.</p> <p>Лабораторная работа № 2.1. Изучение конструкций полупроводниковых интегральных микросхем.</p>	<p><i>вопросы 19, 20,22,23.</i></p> <p>Подготовка к устному опросу-допуску к выполнению лабораторных работ.</p> <p>Оформление и подготовка к защите отчетов по лабораторным работам по вопросам, приведенным в п.3.</p>
	4. Принципы действия и конструкции полевых транзисторов с управляющим р-п переходом, МДП, КМДП транзисторов.	<p>Лабораторная работа № 6. Характеристики и параметры полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом.</p> <p>Лабораторная работа №7. МДП транзистор.</p>	<p><i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 21.</i></p> <p>Подготовка к устному опросу-допуску к выполнению лабораторных работ.</p> <p>Оформление и подготовка к защите отчетов по лабораторным работам по вопросам, приведенным в п.3.</p>
Раздел 3. Тонкопленочная технология ИС	1. Основные методы тонкопленочной технологии. Вакуумтермическое испарение. Основные этапы. Методы формирования потока пара вещества. Состав и		<p><i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 25-30.</i></p>

	структура вакуумных напылительных установок. Методы получения вакуума. Вакуумные насосы. Вакуумные ловушки. Методы измерения вакуума.		
	2. Ионное распыление. Катодное, ионноплазменное, ВЧ-плазменное распыление, плазменное анодирование.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена –п.5 метод. указ., вопросы 31, 32.</i>
	3. Химическое осаждение. Осаждение из газовой фазы, из растворов.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена – п.4 метод. указ., вопросы 33.</i>
	4. Электролитическое наращивание. Анодирование.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 33.</i>
	5. Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ИС.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена – п.4 метод. указ., вопросы 34.</i>
	6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС. Конструкции пленочных пассивных элементов. Навесные компоненты.	Лабораторная работа №2.2. Изучение конструкций гибридных интегральных микросхем.	<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 35-38. Подготовка к</i>

			устному опросу-допуску к выполнению лабораторных работ. Оформление и подготовка к защите отчетов по лабораторным работам по вопросам, приведенным в п.3.
Раздел 4. Толстопленочная технология ИС.	1. Конструкции толстопленочных ИС. Конструкции пассивных элементов. Подложки, пасты, трафареты.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 39, 40.</i>
	2. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 41.</i>
Раздел 5. Монтаж и сборка ИС.	1. Монтаж активных элементов, крепление подложек и кристаллов к основанию корпуса.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 42</i>
	2. Присоединение выводов.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 43</i>
Раздел.6. Герметизация ИС	1. Конструкции корпусов ИС.		<i>Проработка учебного материала,</i>

			<i>подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 44</i>
	2. Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов.	Лабораторная работа №2.3. . Изучение методов сборки и герметизации микросхем.	<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 45. Подготовка к устному опросу- допуску к выполнению лабораторных работ. Оформление и подготовка к защите отчетов по лабораторным работам по вопросам, приведенным в п.3.даче экзамена.</i>
Раздел 7. Качество и надежность микроэлектронных устройств.	1. Качество ИС. Определение качества, показатели качества. Надежность и ее свойства. Показатели надежности.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 46.</i>
	2. Виды и механизмы отказа ИС. Контроль и оценка качества ИС. Виды и методы контроля качества.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 47.</i>
Раздел 8. Пределы микроэлектроник и. Нанoeлектроника	1. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения		<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена</i>

.	интегральной микроэлектроники. Нанoeлектроника.		экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 48.
Раздел 9. Функциональная микро- и нанoeлектроника.	1. Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции физических эффектов.		Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 49.
	2. Оптоэлектроника.		Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 50.
	3. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.		Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена –п.4 метод. указ., вопросы 51.

3. Вопросы для текущего контроля при выполнении лабораторных работ,

№ лабораторной работы	Формулировка вопроса
1.1	1. Устройство полупроводникового диода.
	2. Прямое и обратное включение диода; охарактеризовать прямое и обратное напряжения, прямой и обратный ток диода.
	3. Выбор измерительных приборов для схем прямого и обратного включения диода. ВАХ полупроводникового диода.
	4. Охарактеризовать температурные зависимости прямого и обратного токов диода, рабочий диапазон температур.
	5. Основные и неосновные носители тока в полупроводниках <i>p</i> -типа и <i>n</i> -типа, способ получения этих

	носителей..
	6. Формирование несимметричного $p-n$ -перехода, его особенности.
	7. Равновесное состояние $p-n$ -перехода и равновесная энергетическая зонная диаграмма.
	8. Диффузионные и дрейфовые потоки через $p-n$ -переход, причины их возникновения, особенности и равновесные значения.
	9. . Ширина $p-n$ -перехода и ее влияние на сопротивление перехода.
	10. Контактная разность потенциалов, высота потенциального барьера на $p-n$ -переходе и ее влияние на диффузионный и дрейфовый потоки.
	11. Прямое и обратное смещения $p-n$ -перехода, энергетические зонные диаграммы.
	12. Причины образования прямого и обратного токов через $p-n$ -переход, инжекция и экстракция носителей тока.
	13. Процессы диффузии носителей тока в p -слое и в n -слое. Диффузионная длина носителей тока.
	14. Чем отличаются ВАХ и температурные характеристики германиевого и кремниевого диодов.
	15. Выпрямляющее действие диода.
1.2	16. Объясните температурное изменение обратной ветви ВАХ германиевого и кремниевого диодов.
	17. Объясните температурное изменение прямой ветви ВАХ полупроводниковых диодов.
	18. Что называется температурным коэффициентом прямого напряжения на аноде?
	19. Какие факторы приводят к отличию температурных зависимостей ВАХ реального диода от идеализированного $p-n$ -перехода?
	20. Дайте определение и объясните физический смысл теплового сопротивления диода.
	21. До какой температуры нагреется арсенидгаллиевый диод при прямом токе 30 мА, температуре окружающей среды 20°C, если $R_T = 500 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$, а $U_{pn} = 1.5 \text{ В}$?
	22. Охарактеризуйте методику определения теплового сопротивления диода.
	23. Назовите основные параметры температурных характеристик диодов.
1.3.	24. Устройство плоскостного транзистора.
	25. Равновесная и неравновесная энергетические зонные диаграммы транзистора.

	26. Образование p - n -переходов в транзисторе и их особенности при включенных источниках питания транзистора.
	27. Роль эмиттера, базы и коллектора при работе транзистора.
	28. Почему в транзисторах p - n - p -типа ток эмиттера и коллектора – дырочный, а ток базы – электронный? Какими эти токи будут в транзисторах n - p - n -типа?
	29. Почему ток коллектора при изменении напряжения на коллекторе слабо изменяется, а при напряжениях, близких к нулю, резко уменьшается?
	30. Причина возникновения и роль теплового тока в транзисторах, работающих в режиме усиления.
	31. Чем определяется вид входных статических характеристик транзистора?
	32. Объясните различие схем включения транзистора с общей базой и с общим эмиттером. Как при этом изменяются статические характеристики транзистора?
	33. Роль входного и выходного сопротивлений транзистора. Как их можно найти с помощью статических характеристик?
1.4.	34. Объясните статические ВАХ транзистора в схеме ОЭ.
	35. Опишите составляющие базового тока транзистора.
	36. В чем заключается влияние коллекторного напряжения на входные ВАХ?
	37. Как изменится коэффициент передачи тока при увеличении напряжения на коллекторе?
	38. Поясните понятия нормального и инверсного коэффициентов передачи тока.
	39. Что такое параметры модели Эберса–Молла.
	40. Как рассчитать напряжение база–эмиттер при $I_{\text{Э}} = 1 \text{ мА}$, $U_{\text{КБ}} = 5 \text{ В}$, если $I_{\text{сЭ}} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ А}$.
	41. Как рассчитать напряжение $U_{\text{КЭ}}$ при $I_{\text{К}} = 0$, если $I_{\text{Э}} = 1 \text{ мА}$, $I_{\text{сЭ}} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ А}$, $I_{\text{сК}} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ А}$, $\alpha = 0.98$, $\alpha_I = 0.3$.
1.5	42. Перечислите преимущества полевых транзисторов перед биполярными.
	43. В чем состоит назначение областей в конструкции ПТУП.
	44. Определите зависимость ширины ОПЗ под затвором от напряжения на затворе.
	45. Конструкция и принцип действия полевых транзисторов с управляющим p - n -переходом.

	46. Объясните выходные и передаточные ВАХ полевого транзистора с управляющим $p-n$ -переходом.
	47. Что называется напряжением отсечки, напряжением отпираания и напряжением насыщения? От чего зависят значения этих напряжений?
	48. Что называется крутизной полевого транзистора?
	49. Дайте определение удельной крутизны полевого транзистора и объясните зависимость крутизны от конструктивных параметров и режима работы транзистора.
	50. Объясните зависимость крутизны от напряжения на затворе.
	51. Объясните зависимость напряжения отсечки от степени легирования и размеров областей.
	52. Почему транзистор переходит из крутой области в пологую?
	53. От чего зависит положение границы крутой и пологой областей?
1.6.	54. Объясните конструкцию и принцип действия МДП-транзисторов.
	55. Объясните выходные и передаточные характеристики МОП-транзисторов с n - и p -каналом.
	56. Что называется потенциалом инверсии на поверхности полупроводника?
	57. От чего зависит пороговое напряжение МОП-транзистора?
	58. Как можно менять величину порогового напряжения?
	59. Зачем делается подлегирование подложки в МОП-транзисторе?
	60. Почему происходит насыщение дрейфовой скорости и как оно влияет на ВАХ транзистора?
	61. Опишите эффекты короткого канала в МДП-транзисторе.
	62. В чем преимущества поликремниевого затвора?
	63. Что такое подпороговые токи в МДП-транзисторе?
	64. Дайте определение удельной крутизны МОП-транзистора и объяснить зависимость крутизны от конструктивных параметров и режима работы транзистора.
	65. В чем заключается влияние подложки на ВАХ-транзистор?
	66. Объясните зависимость порога от толщины подзатворного диэлектрика.

	67. Чем создается фиксированный в окисле заряд и как он влияет на величину порогового напряжения?
	68. Почему акцепторы подложки влияют на величину порогового напряжения?
	69. Объясните влияние напряжения на подложке на характеристики МДП транзисторов.
	70. От чего зависит граничное напряжение на стоке, при котором транзистор переходит из крутой области в пологую?
2.1.	71. основные термины и определения микроэлектроники.
	72. Классификация микросхем.
	73. Обозначения ИС.
	74. Типы полупроводниковых ИС.
	75. Конструкции биполярных транзисторов, диодов.
	76. Конструкции полевых транзисторов.
	77. Конструкции интегральных конденсаторов и резисторов.
2.2.	78. Основные конструктивно-технологические особенности, достоинства и недостатки пленочных и гибридных ИС.
	79. Подложки пленочных и гибридных ИС.
	80. Конструкции пленочных резисторов.
	81. Конструкции пленочных конденсаторов и индуктивностей.
	82. Конструкции навесных компонентов.
2.3.	83. Методы монтажа кристаллов и плат ИС.
	84. Методы присоединения выводов пайкой.
	85. Методы присоединения выводов сваркой.
	86. Беспроволочный монтаж компонентов с объемными выводами.
	87. Корпусная и бескорпусная герметизация микросхем.

4. Вопросы к экзамену

1. Основные этапы и тенденции развития электроники. Микро- и наноэлектроника. Интегральная и функциональная Микро- и наноэлектроника.
2. Терминология микроэлектроники.
3. Классификация ИС по конструктивно-технологическим признакам степени интеграции,

функциональной сложности и назначению.

4. Виды технологии ИС.
5. Основные технологические этапы производства полупроводниковых ИС.
6. Механическая обработка полупроводниковых материалов.
7. Химическая, электро-, плазменно-химическая, ионная обработка полупроводниковых материалов.
8. Маскирующие и изолирующие пленки.
9. Оптолитография.
10. Электроно- и рентгенолитография, ионная литография.
11. Диффузия.
12. Эпитаксия.
13. Ионное легирование.
14. Контроль параметров диффузионных слоев.
15. Металлизация полупроводниковых ИС.
16. Методы изоляции элементов полупроводниковых ИС диффузионными областями.
17. Методы диэлектрической изоляции элементов полупроводниковых ИС.
18. Комбинированные методы изоляции элементов полупроводниковых ИС.
19. Принципы действия, конструкции и свойства интегральных биполярных транзисторов.
20. Конструкции и свойства интегральных диодов.
21. Принципы действия, конструкции и свойства интегральных полевых транзисторов.
22. Конструкции конденсаторов полупроводниковых ИС.
23. Конструкции резисторов полупроводниковых ИС.
24. Основные методы тонкопленочной технологии.
25. Вакуумтермическое испарение.
26. Принцип работы и структура вакуумных напылительных установок.
27. Способы получения вакуума. Форвакуумные насосы.
28. Высоко- и сверхвысоковакуумные насосы.
29. Способы измерения вакуума.
30. Контроль параметров тонких пленок.
31. Методы ионного распыления. Катодное и реактивное катодное распыление. Магнетронное распыление.
32. Ионно-плазменное, ВЧ-плазменное распыление. Плазменное анодирование.
33. Химические и электрохимические методы получения пленок.
34. Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ГИС.
35. Конструкции тонкопленочных (гибридных и пленочных) ИС. Подложки ГИС.
36. Конструкции тонкопленочных конденсаторов.
37. Конструкции тонкопленочных резисторов.
38. Конструкции тонкопленочных индуктивностей. Навесные компоненты ГИС.
39. Конструкции толстопленочных ИС.
40. Подложки, пасты, трафареты толстопленочных ИС.
41. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.
42. Методы монтажа кристаллов и плат на основании корпуса.
43. Методы присоединения выводов.
44. Конструкции корпусов ИС. Герметизация ИС.
45. Контроль герметичности корпусов.
46. Качество и надежность ИС. Показатели качества и надежности.
47. Виды и механизмы отказов ИС. Контроль ИС.
48. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. Наноэлектроника.
49. Функциональная Микро- и наноэлектроника. Приборы с зарядовой связью.

50. Оптоэлектроника.
51. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Щука, А. А. Нанoeлектроника : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. А. Щука ; под общ. ред. А. С. Сигова. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 297 с. — (Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-8280-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/book/nanoelektronika-433847>
2. Плотников, Г. С. Микроэлектроника: основы молекулярной электроники : учеб. пособие для вузов / Г. С. Плотников, В. Б. Зайцев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 166 с. — (Серия : Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-03637-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/book/mikroelektronika-osnovy-molekulyarnoy-elektroniki-438394>
3. Введение в микроэлектронику [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. А. Гатчин, В. Л. Ткалич, А. С. Виволанцев, Е. А. Дудников. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2010. — 114 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65811.html>
- Лицензия: до 01.10.2022
4. Драгунов, В. П. Нанoeлектроника в 2 ч. Часть 1 : учеб. пособие для вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 285 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-05170-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/book/nanoelektronika-v-2-ch-chast-1-433632>
5. Драгунов, В. П. Нанoeлектроника в 2 ч. Часть 2 : учеб. пособие для вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 235 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-05171-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/438867>

дополнительная литература

1. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы. [Электронный ресурс] / Барыбин А.А. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922106795.html>
2. Шарапов, А. В. Микроэлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Шарапов. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. — 138 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13948.html>
3. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Интегральные схемы : учебник для бакалавриата и магистратуры / Ю. В. Гуляев [и др.] ;

под ред. Ю. В. Гуляева. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 460 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-03170-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/book/osnovy-konstruirovaniya-i-tehnologii-proizvodstva-radioelektronnyh-sredstv-integralnye-shemy-433947>

учебно-методическая литература

1. Гурин Н.Т. Лабораторные работы по дисциплине “Микро- и наноэлектроника”. Ульяновск, УлГУ.-2018.-100 с.

2. Лабораторные работы по дисциплине "Микро- и наноэлектроника" [Электронный ресурс] : методические указания. Ч. 2 : / сост. Н. Т. Гурин ; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиопроизводства и электроники. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2,07 Мб). - Ульяновск : УлГУ, 2018.

<http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/1810/Gurin2018-2.pdf>

3. Гурин Н.Т. Исследование полупроводниковых структур методом вольт-фарадных характеристик. Методические указания к лабораторной работе по дисциплине “Микроэлектроника”. Ульяновск, УлГУ.-2016.- 51 с.

4. Методические указания к написанию курсовых работ для студентов направления «Радиофизика». Составитель Гурин Н.Т.. Ульяновск, УлГУ.-2019.-11с.

б) Программное обеспечение

Лицензионные математические пакеты: Maple, MathCad, Mathematica, пакет программ Мой Офис Стандартный, ОС Альт Рабочая станция 8.

в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Электронный каталог библиотеки УлГУ (<http://lib.ulsu.ru>).
2. www.scopus.com - мультидисциплинарную реферативно-библиографическую базу данных с возможностями отслеживания научной цитируемости публикаций
3. www.iprbookshop.ru - электронная библиотека по всем основным направлениям знаний, в полном объеме соответствующая требованиям законодательства РФ в сфере образования
4. <http://www.sciencemag.org/collections/subject> - мультидисциплинарный журнал естественнонаучного профиля, содержащий научные статьи, обзоры новейших разработок в естественных и прикладных науках, освещающий и комментирующий новости научного мира
5. <http://link.springer.com/> - международная издательская компания, специализирующаяся на издании академических журналов и книг по естественнонаучным направлениям (теоретическая наука, медицина, экономика, инженерное дело, архитектура, строительство и транспорт).

