

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол от

«14» декабря 2021 г. № 4

**Рабочая программа дисциплины**

Радиоматериалы и радиокомпоненты

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Прием, анализ и обработка сигналов системами специального назначения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2022 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.О.29«Радиоматериалы и радиокомпоненты»относится к обязательной части ООП направления подготовки 11.05.02 Специальные радиотехнические системы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-7: Способен применять методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов современной электроники	ОПК-7.1: Понимает основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов. ОПК-7.2: Использует основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов.	ОПК-7.1: Знать основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов. ОПК-7.2: Уметь использовать основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов.	Собеседование, задача (практическое задание)
ОПК-9: Способен осваивать работу на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения научно-технических задач в области радиотехники	ОПК-9.1: Измеряет параметры электрических сигналов в цепях переменного и постоянного токов, оценивать погрешности измерений. ОПК-9.2: Понимает основные методы измерения параметров и характеристик радиотехнических устройств.	ОПК-9.1: Уметь измерять параметры электрических сигналов в цепях переменного и постоянного токов, оценивать погрешности измерений. ОПК-9.2: Знать основные методы измерения параметров и характеристик радиотехнических устройств.	Собеседование, задача (практическое задание)

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	59
Промежуточная аттестация	0 зачёт

### 3.2.Содержание дисциплины

*(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)*

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Тема 1. Общие сведения о строении вещества: структура электронных оболочек атомов, химическая связь между атомами, структура твёрдых тел, основные понятия зонной теории. Радиоматериалы, конструкционные материалы и области их применения.	6	2	1		3	3

Тема 2. Электрофизические свойства проводниковых материалов: основные положения классической электронной теории, основные положения квантовой физики, температурная зависимость электропроводности, зависимость электропроводности от частоты, электропроводность тонких плёнок.	12	4	2		6	6
Тема 3. Электрофизические свойства полупроводниковых материалов: чистые (собственные) полупроводники, примесные полупроводники.	12	4	2		6	6
Тема 4. Электрофизические свойства диэлектрических материалов: виды поляризации диэлектриков, зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, зависимость диэлектрической проницаемости от частоты, электропроводность диэлектриков, диэлектрические потери, электрическая.	12	4	2		6	6
Тема 5. Магнитные свойства материалов: намагниченность, магнитная восприимчивость, магнитная проницаемость, магнитная индукция, диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики, потери в магнитных материалах, магнитомягкие материалы, магнитодиэлектрики, магнитотвёрдые материалы.	7	2	1		3	4

Тема 6. Назначение резисторов. Классификация резисторов: по назначению, по постоянству значения сопротивления, по виду токопроводящего элемента, по эксплуатационным характеристикам.	7	2	1		3	4
Тема 7. Специальные резисторы: варисторы, терморезисторы, фоторезисторы, тензорезисторы, магниторезисторы.	7	2	1		3	4
Тема 8. Назначение конденсаторов. Классификация конденсаторов: по назначению, по характеру изменения ёмкости, по материалу диэлектрика. Конструкция конденсаторов: пакетная, трубчатая, дисковая, литая, секционная, рулонная, конденсаторы гибридных интегральных микросхем, подстроечные, конденсаторы переменной ёмкости. Параметры конденсаторов, частотные свойства, потери энергии.	7	2	1		3	4
Тема 9. Назначение катушек индуктивности и дросселей. Конструкции катушек индуктивности и дросселей. Индуктивность и собственная ёмкость катушки индуктивности и дросселя. Экранирование катушек индуктивности и дросселей. Методика расчёта однослойных и многослойных катушек.	7	2	1		3	4

Тема 10. Потери в катушках индуктивности и в дросселях: резистивное сопротивление, поверхностный эффект, эффект близости потери в диэлектрике, потери в сердечнике, потери в экране. Разновидности катушек индуктивности и дросселей: контурные катушки индуктивности, катушки связи, вариометры, дроссели для сглаживания пульсаций выпрямленного тока и дроссели для высоких частот.	7	2	1		3	4
Тема 11. Полупроводниковые материалы и их свойства. Собственные и примесные полупроводники. Подвижность носителей. Время жизни. Классификация полупроводников. Донорные и акцепторные полупроводники. Зонная структура полупроводников.	16	4	2		6	10
Тема 12. Полупроводниковые приборы.	7	2	1		3	4
Аттестация						
КСР	1				1	
Итого	108	32	16		49	59

Практические занятия(семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: решение практических задач по отдельным разделам дисциплины, закрепление навыков экспериментальных измерений.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 16 ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:
- применение методов анализа и расчета характеристик радиотехнических

цепей, аналоговых и цифровых узлов современной электроники,

- освоение работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения научно-технических задач области радиотехники,
- компетенций: ОПК-7, ОПК-9.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа (практических работ).

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся разрабатывается электронный курс (Радиоматериалы и радиокомпоненты, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=9529>) в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru>.

Кроме того, самостоятельная работа проводится обучающимися с помощью основной и дополнительной учебной литературы (п.6) и контролируется на практических занятиях семинарского типа, а также на зачете в рамках итогового контроля.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений	При решении стандартны	Продemonстрированы основные	Продemonстрированы все основные	Продemonстрированы все основные	Продemonстрированы все	Продemonстрированы все

	Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	х задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом . Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»,



		ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам п.2)

### 5.2.1. Контрольные вопросы

<i>Вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
1) Укажите, что подразумевают под радиоматериалами и конструкционными материалами.	ОПК-7
2) Укажите, как подразделяют материалы по реакции на электрическое поле.	ОПК-7
3) Опишите структуру электронных оболочек атомов.	ОПК-7
4) Укажите, что понимают под химической связью между атомами.	ОПК-7
5) Опишите ковалентную связь.	ОПК-7
6) Опишите металлическую связь.	ОПК-7
7) Опишите ионную связь.	ОПК-7
8) Опишите молекулярную связь.	ОПК-7
9) Укажите, что называют фононом.	ОПК-7
10) Укажите различие между изотропными и анизотропными материалами.	ОПК-7
11) Опишите структуру кристаллических материалов.	ОПК-7
12) Опишите основные понятия зонной теории.	ОПК-7
13) Опишите основные положения классической электронной теории.	ОПК-7
14) Опишите основные положения квантовой физики.	ОПК-7
15) Опишите температурную зависимость электропроводности.	ОПК-9
16) Опишите зависимость электропроводности от частоты.	ОПК-9
17) Опишите электропроводность тонких плёнок.	ОПК-9
18) Дайте классификацию проводниковых материалов.	ОПК-9
19) Поясните, что означает явление поляризации диэлектриков.	ОПК-9
20) Опишите явление электронной поляризации.	ОПК-9
21) Опишите явление дипольной поляризации.	ОПК-9

<i>Вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
22) Опишите явление ионной поляризации.	ОПК-7, ОПК-9
23) Опишите явление спонтанной (самопроизвольной) поляризации.	ОПК-7, ОПК-9
24) Опишите явление гистерезиса у диэлектриков со спонтанной поляризацией.	ОПК-7, ОПК-9
25) Опишите зависимость диэлектрической проницаемости от температуры.	ОПК-7, ОПК-9
26) Опишите зависимость диэлектрической проницаемости от частоты.	ОПК-7, ОПК-9
27) Укажите причины электропроводности диэлектриков.	ОПК-7, ОПК-9
28) Укажите причины диэлектрических потерь.	ОПК-7, ОПК-9
29) Поясните причины возникновения тока смещения (ёмкостного тока) в диэлектриках.	ОПК-7, ОПК-9
30) Поясните причины возникновения тока абсорбции в диэлектриках.	ОПК-7, ОПК-9
31) Поясните причины возникновения сквозного тока в диэлектриках.	ОПК-7, ОПК-9
32) Начертите векторную диаграмму токов и напряжения в диэлектрике.	ОПК-7, ОПК-9
33) Поясните, что называют углом диэлектрических потерь.	ОПК-7, ОПК-9
34) Поясните, что называют электрической прочностью диэлектрика.	ОПК-7, ОПК-9
35) Опишите разновидности пробоя диэлектриков.	ОПК-7, ОПК-9
36) Дайте классификацию диэлектрических материалов.	ОПК-7, ОПК-9
37) Укажите, что является первопричиной магнитных свойств радиоматериалов.	ОПК-7, ОПК-9
38) Укажите, что называют намагниченностью материала.	ОПК-7, ОПК-9
39) Укажите, что называют магнитной восприимчивостью материала.	ОПК-7, ОПК-9
40) Укажите, как подразделяются материалы по реакции на внешнее магнитное поле.	ОПК-7, ОПК-9
41) Опишите петлю гистерезиса магнитных материалов.	ОПК-7, ОПК-9
42) Укажите причины потерь в магнитных материалах.	ОПК-7, ОПК-9
43) Укажите назначение резисторов в РЭА.	ОПК-7, ОПК-9
44) Дайте классификацию резисторов.	ОПК-7, ОПК-9
45) Начертите эквивалентную схему резистора.	ОПК-7, ОПК-9
46) Опишите параметры резисторов.	ОПК-7, ОПК-9
47) Опишите устройство и принцип действия варисторов.	ОПК-7, ОПК-9
48) Опишите устройство и принцип действия терморезисторов.	ОПК-7, ОПК-9

<i>Вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
49) Опишите устройство и принцип действия фоторезисторов.	ОПК-7, ОПК-9
50) Опишите устройство и принцип действия тензорезисторов.	ОПК-7, ОПК-9
51) Опишите устройство и принцип действия магниторезисторов.	ОПК-7, ОПК-9
52) Укажите, какую долю в современной радиоэлектронной аппаратуре (РЭА) составляют конденсаторы.	ОПК-7, ОПК-9
53) Дайте классификацию конденсаторов.	ОПК-7, ОПК-9
54) Опишите конструкции конденсаторов.	ОПК-7, ОПК-9
55) Укажите основные параметры конденсаторов.	ОПК-7, ОПК-9
56) Опишите основные разновидности конденсаторов.	ОПК-7, ОПК-9
57) Опишите конструкции катушек индуктивности.	ОПК-7, ОПК-9
58) Опишите влияние собственной ёмкости катушки индуктивности на эквивалентную индуктивность катушки.	ОПК-7, ОПК-9
59) Опишите методы расчета катушек индуктивности.	ОПК-7, ОПК-9
60) Укажите причины потерь в катушках индуктивности.	ОПК-7, ОПК-9
61) Укажите назначение и особенности контурных катушек индуктивности.	ОПК-7, ОПК-9
62) Укажите назначение и особенности дросселей.	ОПК-7, ОПК-9
63) Собственные и примесные полупроводники. Зависимость их свойств от состава, структуры и внешних факторов. Температурная зависимость электропроводности примесных полупроводников.	ОПК-7, ОПК-9
64) Полупроводники на основе соединений типа АЗВ5. Их основные свойства, преимущества и ограничения практического применения.	ОПК-7, ОПК-9

## 5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенций ОПК-7, ОПК-9

### Задача № 1

Для расчета предлагаются два образца полупроводникового материала: собственный полупроводник и примесный полупроводник на его основе. Собственная концентрация носителей заряда в полупроводнике при комнатной температуре равна  $n_i$ ; подвижность электронов -  $n$ ; подвижность дырок -  $p$ , удельное сопротивление примесного полупроводника равно  $\rho$ .

Определить:

- отношение полного тока, протекающего через полупроводник  $I$ , к току, обусловленному электронной составляющей  $I_n$ , а также к току, обусловленному дырочной составляющей  $I_p$ , в собственном полупроводнике;
- концентрацию электронов и дырок в примесном полупроводнике;

• отношение полного тока, протекающего через полупроводник, к току, обусловленному электронной составляющей, а также к току, обусловленному дырочной составляющей, в примесном полупроводнике.

Исходные данные для конкретных вариантов задачи 1 приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

	Вариант					
	1 и 9	2 и 8	3 и 7	4 и 6	5	0
Полупроводниковый материал	n-Si	p-Si	n-Ge	p-Ge	n-GaAs	p-GaAs
$n, \text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$	0,14		0,39		0,95	
$p, \text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$	0,05		0,19		0,045	
$n_i, \text{м}^{-3}$	1,0.1016		2,5.1019		6,6.1012	

Таблица 2

	Полупроводниковый материал					
	n-Si	p-Si	n-Ge	p-Ge	n-GaAs	p-GaAs
Вариант	удельное сопротивление, Ом.м					
1	5,0.10-1	1,0.100	1,0.10-1	3,0.10-1	1,0.10-1	1,0.100
2	1,0.10-1	3,0.10-1	2,0.10-2	7,0.10-2	2,0.10-2	5,0.10-1
3	4,5.10-2	1,5.10-1	1,5.10-2	4,0.10-2	1,0.10-2	2,5.10-1
4	6,0.10-3	2,0.10-2	2,0.10-3	4,0.10-3	3,0.10-3	2,0.10-2
5	9,0.10-4	3,0.10-3	4,0.10-4	6,0.10-4	4,0.10-5	6,0.10-4
6	3,5.10-4	1,0.10-3	1,0.10-4	2,0.10-4	2,0.10-5	3,0.10-4
7	2,0.10-4	6,0.10-4	7,0.10-5	1,0.10-4	4,0.10-6	8,0.10-5
8	6,0.10-5	1,0.10-4	2,0.10-5	3,0.10-5	2,0.10-6	4,0.10-5
9	8,0.10-6	2,0.10-5	3,0.10-6	5,0.10-6	1,0.10-6	2,0.10-5
0	3,0.10-6	1,0.10-6	7,0.10-7	1,0.10-6	9,0.10-7	4,0.10-6

## Задача № 2

Для печатной платы, заданного вида, определить:

- сопротивление изоляции между проводниками 1 и 2;
- максимальную величину тока  $I_{1\text{max}}$ , который может быть пропущен по проводнику 1, если проводники имеют толщину  $\delta$ , а допустимая плотность тока на прямолинейных участках проводников равна  $j_{\text{доп}}$ ;
- падение напряжения  $\Delta U$  и выделяющуюся мощность  $\Delta P$  на участке проводника 2 длиной  $L$  при прохождении по нему максимального по величине допустимого тока.

Исходные данные для конкретных вариантов задачи 2 приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

	Вариант	
	1, 2, 3, 4, 5	6, 7, 8, 9, 0
Материал основания печатной платы	гетинакс	стеклотекстолит
Удельное поверхностное сопротивление $\rho_s$ , Ом	108	109

Таблица 4

	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Материал проводников	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
Толщина проводников $\delta$ , мкм	10	20	30	40	50	30	30	40	30	50
Линейные размеры проводников, мм:										
a	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0

b	2,0	2,5	3,0	2,0	2,5	3,0	2,0	2,5	3,0	2,0
c	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0
L	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10
Допустимая плотность тока <sub>доп</sub> , А/мм <sup>2</sup>	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10

### Задача № 3

Для плоского конденсатора с зарядом  $Q$ , имеющего металлические обкладки площадью  $S$ , расположенные на расстоянии  $d$  друг от друга и разделенные слоем материала с диэлектрической проницаемостью, определить:

- емкость;
- удельную емкость;
- разность потенциалов между обкладками;
- напряженность электрического поля в диэлектрике;
- энергию, запасенную в конденсаторе;
- плотность запасенной в конденсаторе энергии.

Исходные данные для конкретных вариантов задачи 3 приведены в табл. 5 и 6

Таблица 5

Вариант	Материал диэлектрика	Диэлектрическая проницаемость	Толщина диэлектрика, мкм
1	Политетрафторэтилен	2	1000
2	Оксид алюминия	10	0,2
3	Керамика на основе титаната циркония	40	100
4	Поликарбонат	3	10
5	Пятиокись ниобия	41	0,05
6	Керамика на основе титаната бария	9000	10
7	Ультрафарфор	8,2	6
8	Керамика на основе ниобата свинца	30000	3
9	Слюда	7	1000
0	Пятиокись тантала	27	0,01

Таблица 6

	Вариант				
	1 и 2	3 и 4	5 и 6	7 и 8	9 и 0
Площадь электродов, м <sup>2</sup>	1,010-2	2,510-5	1,010-6	4,010-8	1,010-10
Материал диэлектрика	Заряд конденсатора, Кл				
Политетрафторэтилен	1,810-8	4,410-11	1,710-12	7,010-14	1,810-16
Оксид алюминия	4,410-4	1,110-6	4,410-8	1,810-9	4,410-12
Керамика на основе титаната циркония	3,510-6	8,810-9	3,510-10	1,410-11	3,510-14
Поликарбонат	2,610-6	6,610-9	2,610-10	1,110-11	2,610-14
Пятиокись ниобия	7,310-3	1,810-5	7,310-7	2,910-8	7,310-11
Керамика на основе титаната бария	8,010-3	2,010-5	8,010-7	3,210-8	8,010-11
Ультрафарфор	1,210-5	3,010-8	1,210-9	4,810-11	1,210-13
Керамика на основе ниобата свинца	8,910-2	2,210-4	8,910-6	3,510-7	8,910-10
Слюда	6,210-8	1,610-10	6,210-12	2,510-13	6,210-16
Пятиокись тантала	2,410-2	6,010-5	2,410-6	9,610-8	2,410-10

#### Задача № 4

Определить максимальное напряжение, которое можно приложить при температуре  $T_1$  к миниатюрному резистору сопротивлением  $R_{номR}$ , работающему на частоте  $f = 50$  Гц, если допустимая мощность рассеяния резистора равна  $P$ , температурный коэффициент сопротивления резистора  $R$ , а постоянное предельное напряжение, выше которого происходит поверхностный пробой, равно  $U_{пр}$ .

Исходные данные для конкретных вариантов задачи 4 приведены в табл. 7 и 8.

Таблица 7

	Вариант				
	1 и 2	3 и 4	5 и 6	7 и 8	9 и 0
$T_0, ^\circ\text{C}$	20	20	20	20	20
$T_1, ^\circ\text{C}$	120	100	85	150	160
$P, \text{ мВт}$	125	62,5	250	12,5	25

Таблица 8

Вариант	$R_{ном}, \text{ Ом}$	$R, \%$	$R, 10^{-6}/^\circ\text{C}$	$U_{пр}, \text{ В}$
1	100	5	+200	50
2	120	10	+200	100
3	2 · 103	20	+50	50
4	5,1 · 103	5	-100	100
5	1,8 · 104	10	-500	50
6	3,0 · 105	20	-500	100
7	7,2 · 105	10	-1500	50
8	1,0 · 106	20	-1500	100
9	2,0 · 106	10	-2000	50
0	4,8 · 106	20	-2000	100

#### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Солдатова, Л.Ю. Радиоматериалы и радиокомпоненты [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие — Электрон. дан. — Москва: ТУСУР, 2012. — 29 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10905>.
2. Нестеренко, И.И. Цвет, код, символика электронных компонентов [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва: СОЛОН-Пресс, 2002. — 216 с. <https://e.lanbook.com/book/13631>.
3. Корякин-Черняк, С.Л. Маркировка, обозначения, аналоги электронных компонентов. Карманный справочник [Электронный ресурс]: справ. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2010. — 288 с. <https://e.lanbook.com/book/35918>.

б) дополнительная литература:

1. Мешковский, И.К. Химия радиоматериалов. Часть 1. Кристаллические материалы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.К. Мешковский, А.Ф. Новиков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2014. — 108 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71177>.
2. Мешковский, И.К. Химия радиоматериалов. Часть 2. Поверхность и ее обработка [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.К. Мешковский, А.Ф. Новиков, А.В. Токарев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2015. — 124 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71178>.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):  
- электронная библиотека <https://e.lanbook.com/>.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: Лекционный зал, аудитории для практических занятий в группах, мультимедийный проектор.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО/ОС ННГУ по направлению 11.05.02 «Специальные радиотехнические системы», специальности (специализации) «Прием, анализ и обработка сигналов системами специального назначения».

Автор(ы): Савельев Д.В.

Заведующий кафедрой: Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии президиума ученого совета ННГУ от 14 декабря 2021, протокол № 4.