

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
электроники  
Усков Г.К.



20.05.2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.05.01 Физические принципы прикладной электроники**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

*03.03.03 Радиофизика*

**2. Профиль подготовки/специализация:**

*Радиофизика и электроника*

**3. Квалификация (степень) выпускника: *бакалавр***

**4. Форма обучения: *очная***

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *электроники***

**6. Составители программы: Усков Григорий Константинович, д.ф.-м.н., профессор**

**7. Рекомендована: НМС Физического факультета, 20.05.2025, № 5**

**8. Учебный год: *2028/2029***

**Семестр(ы): *8***

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Основной целью дисциплины является ознакомить студентов с основными направлениями развития современной функциональной электроники, сформировать навыки на основе опыта практической деятельности в области решения различных задач радиофизики с помощью устройств оптоэлектроники, акустооптики, акустоэлектроники.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к базовому циклу и является обязательной дисциплиной вариативной части. Для успешного освоения её теоретической части студенты должны свободно владеть аппаратом математического анализа, теории дифференциальных уравнений, знать основы электродинамики и оптики.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

| Компетенция |                                                                                                                                 | Планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код         | Название                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| ПК-1        | способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования | <b>знать:</b> основные разделы современной функциональной электроники;<br><b>уметь:</b> применять методы эксплуатации устройств функциональной электроники для решения задач радиофизики, когда схемотехнический подход применять не целесообразно;<br><b>владеть (иметь навык(и)):</b> на основе опыта практической деятельности в области решения различных задач радиофизики с помощью устройств оптоэлектроники, акустооптики, акустоэлектроники. |
| ПК-2        | способностью использовать основные методы радиофизических измерений                                                             | <b>знать:</b> существующие методы измерений, применяющиеся в области функциональной электроники;<br><b>уметь:</b> применять методы расчетов и измерений устройств функциональной электроники для решения задач радиофизики, когда схемотехнический подход применять не целесообразно;<br><b>владеть (иметь навык(и)):</b> методами радиофизических измерений для устройств функциональной электроники.                                                |

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.

Форма промежуточной аттестации *зачет*.

## 13. Виды учебной работы

| Вид учебной работы                                                   | Трудоемкость |              |  |  |
|----------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--|--|
|                                                                      | Всего        | По семестрам |  |  |
|                                                                      |              | 8            |  |  |
| Аудиторные занятия                                                   | 40           | 40           |  |  |
| в том числе: лекции                                                  | 20           | 20           |  |  |
| практические                                                         |              |              |  |  |
| лабораторные                                                         | 20           | 20           |  |  |
| Самостоятельная работа                                               | 68           | 68           |  |  |
| Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – ___ час.) |              |              |  |  |
| Итого:                                                               | 108          | 108          |  |  |

### 13.1. Содержание дисциплины

| п/п              | Наименование раздела дисциплины                                                                        | Содержание раздела дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Лекции</b> |                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1.               | Место функциональной электроники в современной радиофизике.                                            | Современная технология изготовления полупроводниковых приборов схемотехнической микро- и наноэлектроники. Проблемы современной электроники. Понятие динамической неоднородности                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2.               | Функциональная полупроводниковая электроника                                                           | Эффект Ганна. Приборы с зарядовой связью. Устройства функциональной полупроводниковой электроники. Генераторы СВЧ на основе эффекта Ганна. Усилители СВЧ на основе эффекта Ганна.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3.               | Функциональная диэлектрическая электроника                                                             | Принципы работы приборов диэлектрической электроники. Использование основных устройств и направления развития диэлектрической электроники                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 4.               | Функциональная магнитоэлектроника                                                                      | Принципы работы приборов магнитоэлектроники. Использование основных устройств и направления развития магнитоэлектроники                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5.               | Оптоэлектроника                                                                                        | Физика явлений оптоэлектронных эффектов в твердых телах. Инжекционная люминесценция. Предпробойная люминесценция. Возбуждение переменным напряжением. Светодиоды и лазерные диоды – генераторы динамических неоднородностей оптоэлектроники. Светодиоды. Лазерные диоды. Волоконно-оптические линии связи. Фотодетекторы. Устройства памяти в оптоэлектронике. Оптическая обработка информации в оптоэлектронике. Оптроны. Оптические транспаранты. Перспективы развития оптоэлектроники |
| 6.               | Магнитооптика                                                                                          | Эффект Фарадея. Эффект Коттона-Мутона. Эффект Керра. Устройства магнитооптики. Модуляторы света. Магнитооптический модулятор лазерного излучения. Дефлекторы. Запоминающие устройства на магнитооптических дисках.                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 7.               | Акустоэлектроника                                                                                      | Согласованные фильтры на ПАВ. Конвольверы на ПАВ. Запоминающие корреляторы на ПАВ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 8.               | Акустооптика                                                                                           | Принципы акустооптической обработки радиосигналов. Акустооптические анализаторы спектра                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9.               | Молекулярная электроника                                                                               | Принципы работы приборов молекулярной электроники. Использование основных устройств и направления развития молекулярной электроники.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 10.              | Криоэлектроника                                                                                        | Принципы работы приборов криоэлектроники. Использование основных устройств и направления развития криоэлектроники.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11.              | Основные тенденции развития и наиболее перспективные технологии современной функциональной электроники | Перспективные разделы функциональной электроники, основные принципы действия приборов. Основные тенденции развития научных исследований в области функциональной электроники.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины                      | Виды занятий (часов) |              |              |                        |       |
|-------|-------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
|       |                                                             | Лекции               | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего |
| 1.    | Место функциональной электроники в современной радиофизике. | 2                    | 0            | 0            | 6                      | 8     |
| 2.    | Функциональная полупроводниковая электроника                | 4                    | 0            | 0            | 6                      | 10    |
| 3.    | Функциональная диэлектрическая электроника                  | 2                    | 0            | 0            | 2                      | 4     |
| 4.    | Функциональная магнитоэлектроника                           | 2                    | 0            | 0            | 2                      | 4     |
| 5.    | Оптоэлектроника                                             | 6                    | 0            | 0            | 10                     | 16    |

|        |                                                                                                        |    |   |   |    |    |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|---|----|----|
| 6.     | Магнитооптика                                                                                          | 2  | 0 | 0 | 2  | 4  |
| 7.     | Акустоэлектроника                                                                                      | 4  | 0 | 0 | 5  | 9  |
| 8.     | Акустооптика                                                                                           | 6  | 0 | 0 | 5  | 11 |
| 9.     | Молекулярная электроника                                                                               | 2  | 0 | 0 | 2  | 4  |
| 10.    | Криоэлектроника                                                                                        | 2  | 0 | 0 | 2  | 4  |
| 11.    | Основные тенденции развития и наиболее перспективные технологии современной функциональной электроники | 4  | 0 | 0 | 4  | 8  |
| Итого: |                                                                                                        | 36 | 0 | 0 | 46 | 82 |

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины необходима регулярная и планомерная работа с конспектом лекций и литературой.

После окончания лекции нужно просматривать конспект для определения материала, вызывающего затруднения для понимания. После этого следует обратиться к рекомендуемой в настоящей программе литературе с целью углубленного изучения проблемного вопроса. В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания, поэтому необходимо просматривать несколько источников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. В случае если проблемы с пониманием остались, необходимо обратиться к преподавателю на ближайшей лекции с заранее сформулированными вопросами.

Для успешного освоения лекционного курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал.

Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка зачету.

Кроме литературы из основного списка рекомендуется самостоятельно использовать дополнительную. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

В процессе самостоятельной работы следует занимать активную позицию и пользоваться не только рекомендованной литературой, но и самостоятельно найденными источниками. При изучении дисциплины рекомендуется использовать возможности сети интернет для получения дополнительной информации по рассматриваемой теме.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Щука А.А. Электроника четвертого поколения — функциональная электроника? // Новости Микроэлектроники. 1999. URL: <a href="http://chipnews.gaw.ru/html.cgi/arhiv_i/99_04/stat-51.htm">http://chipnews.gaw.ru/html.cgi/arhiv_i/99_04/stat-51.htm</a> (дата обращения: 30.Июль.2014). |
| 2.    | Ходаковский К. Просочившийся слайд Intel указывает на 10-нм техпроцесс в 2018 году // 3D News. 2011. URL: <a href="http://www.3dnews.ru/news/646765">http://www.3dnews.ru/news/646765</a> (дата обращения: 30.Июль.2014).                                                          |
| 3.    | Ходаковский К. UMC присоединится к IBM в разработке 10-нм техпроцесса // 3D News. 2013. URL:                                                                                                                                                                                       |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | <a href="http://www.3dnews.ru/news/646765">http://www.3dnews.ru/news/646765</a> (дата обращения: 30.Июль.2014).                                                                                                                                                                                                                  |
| 4.  | Фомичёв В. Новый стратегический план развития полупроводниковых технологий (ITRS) // Время электроники. 2014. URL: <a href="http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/doc/58377/">http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/doc/58377/</a> (дата обращения: 30.Июль.2014).                                         |
| 5.  | Wikimedia Foundation, Inc. ПЗС // Wikipedia. 2014. URL: <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/ПЗС">https://ru.wikipedia.org/wiki/ПЗС</a> (дата обращения: 05.Сентябрь.2014).                                                                                                                                                    |
| 6.  | THG P. Как изготавливаются процессоры Intel: история в картинках // tom's HARDWARE. 2009. URL: <a href="http://www.thg.ru/cpu/cpu_proizvodstvo/onepage.html">http://www.thg.ru/cpu/cpu_proizvodstvo/onepage.html</a> (дата обращения: 02.Сентябрь.2014).                                                                         |
| 7.  | IntelPR. Making of a Chip: 32nm High-K Metal Gate Process Technology // Intel Inc. 2013. URL: <a href="http://newsroom.intel.com/docs/DOC-2476#">http://newsroom.intel.com/docs/DOC-2476#</a> (дата обращения: 02.Сентябрь.2014).                                                                                                |
| 8.  | Научно-образовательный проект "Лазерный портал". Приемники излучения на основе внутреннего фотоэффекта // Laser. 2010. URL: <a href="http://laser-portal.ru/content_174">http://laser-portal.ru/content_174</a> (дата обращения: 20.октябрь.2014).                                                                               |
| 9.  | Siblec.ru. Лекции по Введению в оптоэлектронику // Банк лекций Siblec.ru. 2014. URL: <a href="http://siblec.ru/index.php?dn=html&amp;way=bW9kL2h0bWwvY29udGVudC84c2VtLzA2OS8zLTMuaHRt">http://siblec.ru/index.php?dn=html&amp;way=bW9kL2h0bWwvY29udGVudC84c2VtLzA2OS8zLTMuaHRt</a> (дата обращения: 18.октябрь.2014).            |
| 10. | Рынок микроэлектроники. Оптроны и их применение // Рынок микроэлектроники. 2014. URL: <a href="http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/opto/optron_1.htm">http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/opto/optron_1.htm</a> (дата обращения: 30.октябрь.2014).                                                                               |
| 11. | StudyPort. История развития криоэлектроники // STUDYPORT.RU. 2010. URL: <a href="http://studyport.ru/tehnika/istoriya-razvitiya-krioelektroniki">http://studyport.ru/tehnika/istoriya-razvitiya-krioelektroniki</a> (дата обращения: 12.Октябрь.2014).                                                                           |
| 12. | Салем Р. Жидкие кристаллы // Универсальная научно-популярная энциклопедия «Кругосвет». 2004. URL: <a href="http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/ZHIDKIE_KRISTALLI.html">http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/ZHIDKIE_KRISTALLI.html</a> (дата обращения: 27.Октябрь.2014).                           |
| 13. | Балакший В. И. Физические основы акустооптики / В. И. Балакший, В. Н. Парыгин, Л. И. Чирков [Электронный источник] : <a href="http://acoustooptics.phys.msu.ru/book1.asp?rubr_id=%7BEC2EFC0E-3293-4722-A64D-FC93323988F6%7D">http://acoustooptics.phys.msu.ru/book1.asp?rubr_id=%7BEC2EFC0E-3293-4722-A64D-FC93323988F6%7D</a> . |

#### б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14.   | Ливенштейн М.Е., Пожела Ю.К., and Шур М.С. Эффект Ганна. Москва: Сов. радио, 1975. 288 с.                                                                                                                                                                                                                                       |
| 15.   | Рычков Ю.М. Электронные приборы сверхвысоких частот: Учеб. пособие. Гродно: ГрГУ, 2002. 103 с.                                                                                                                                                                                                                                  |
| 16.   | Санников Д.Г., Семенцов Д.И., "Волноводное взаимодействие света с усиливающейся волной пространственного заряда," // Физика твердого тела, Vol. 49, 2007. С.468-472.                                                                                                                                                            |
| 17.   | Русская служба Би-би-си. Нобелевская премия по физике присуждена за LED. Лондон: 2014.                                                                                                                                                                                                                                          |
| 18.   | Кузичкин А.В., Нахмансон Г.С. Анализ и обработка радиосигналов акустооптическими и акустоэлектронными системами. Воронеж: Министерство обороны СССР, 1984.                                                                                                                                                                      |
| 19.   | Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. Москва: Наука, 1978. 791 с.                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 20.   | Ивашенков О.Н., Белова М.В. Классификация и области применения ПЗС приборов. // "Физика МДП приборов" электронное учебное пособие. URL: <a href="http://solidstate.karelia.ru/~ivash/MOPT_b/texts/glava5_2.html">http://solidstate.karelia.ru/~ivash/MOPT_b/texts/glava5_2.html</a> (дата обращения: 05.Сентябрь.2014).         |
| 21.   | Research @ Google. Moore's Law, Part 2: More Moore and More than Moore // Research Blog. 2013. URL: <a href="http://googleresearch.blogspot.ca/2013/11/moores-law-part-2-more-moore-and-more.html">http://googleresearch.blogspot.ca/2013/11/moores-law-part-2-more-moore-and-more.html</a> (дата обращения: 05.Сентябрь.2014). |
| 22.   | Попов Ю.М. Оптоэлектроника [Электронный ресурс] // Энциклопедия Физики и техники: [сайт]. [2010]. URL: <a href="http://www.femto.com.ua/articles/part_2/2651.html">http://www.femto.com.ua/articles/part_2/2651.html</a> (дата обращения: 03.октябрь.2014).                                                                     |
| 23.   | Бухарин С.Л. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине По выбору студента (Специальные источники света). Харьков: Харьков.: ХНАГХ (Харьк. нац. акад. город. хоз-ва), 2011. 101 с.                                                                                                                             |
| 24.   | СПЕЦЭЛЕКТРОСЕРВИС. Глава 2. Основы и принципы работы светодиодов. // СПЕЦЭЛЕКТРОСЕРВИС. 2011. URL: <a href="http://specelec.ru/reference-book/item/38-spravochnik-svetodiodnoe-osveschenie-2.html">http://specelec.ru/reference-book/item/38-spravochnik-svetodiodnoe-osveschenie-2.html</a> (дата обращения: 05.10.2014).      |
| 25.   | Веселов А. Полупроводниковые лазеры // Научно-образовательный проект "Лазерный портал". 2010. URL: <a href="http://laser-portal.ru/content_507">http://laser-portal.ru/content_507</a> (дата обращения: 14.октябрь.2014).                                                                                                       |
| 26.   | Википедия – свободная энциклопедия. Оптическое волокно // Википедия. 2014. URL: <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Оптическое_волокно">https://ru.wikipedia.org/wiki/Оптическое_волокно</a> (дата обращения: 12.ноябрь.2014).                                                                                               |
| 27.   | Мустафаева Д.Г., Мустафаев М.Г. Развитие оптоэлектронных средств связи // Ежеквартальный реферируемый научный журнал "Труды молодых ученых". Технические науки. июль 2009. Р. 2.                                                                                                                                                |
| 28.   | Милинкис Б.М., Щука А.А. Функциональная электроника // "ИНФОРМОСТ" - "Радиоэлектроника и Телекоммуникации". август 2002. С.76–80.                                                                                                                                                                                               |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 29. | Милинкус Б.М., Шука А.А. Функциональная электроника // "ИНФОРМОСТ" - "Радиоэлектроника и Телекоммуникации". октябрь 2002. С.51–56.                                                                                                                                                     |
| 30. | Протасов Е.А. Основы магнитооптики. Москва: НИЯУ МИФИ, 2009.                                                                                                                                                                                                                           |
| 31. | Рамбиди Н.Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 256 с.                                                                                                                                                                                                 |
| 32. | Левинштейн М. Е. Эффект Ганна / М. Е. Левинштейн, Ю. К. Пожела, М. С. Шур ; Под ред. С. М. Рывкина. – М. : Советское радио, 1975. – 286 с.                                                                                                                                             |
| 33. | Шур М. С. Эффект Ганна / М. С. Шур. – Л. : Энергия, 1971. – 78 с.                                                                                                                                                                                                                      |
| 34. | Лабораторная работа № 7 «ДИОД ГАННА» [Электронный источник] : <a href="http://open-edu.rsu.ru/files/Диод%20Ганна.doc">http://open-edu.rsu.ru/files/Диод%20Ганна.doc</a> (Дата посещения: 02.11.2014).                                                                                  |
| 35. | Олинер А. Поверхностные акустические волны / [А. Олинер и др.] ; Под ред. А. Олинера; Пер. с англ. Г. Г. Кессених и Е. Д. Якушкина; Под ред. И. С. Реза. – М. : Мир, 1981. – 390 с.                                                                                                    |
| 36. | Акустоэлектроника и физическая акустика / Отв. ред. Ю.В. Гуляев. – Казань, 1988. – 96 с.                                                                                                                                                                                               |
| 37. | Зюбрик А. И. Акустоэлектроника : учебное пособие / А.И. Зюбрик, Бурак, А.В. Савицкий ; Львовский гос. ун-т им. И. Франко. – Львов : Издво Львовского ун-та, 1980. – 100 с.                                                                                                             |
| 38. | Пьезотехника и акустоэлектроника : межвузовский сборник научных трудов / под ред. А.Ф. Плонского. – Омск : Изд-во Омского политехн. ин-та, 1983. – 160 с.                                                                                                                              |
| 39. | Хорунжий В. А. Акустоэлектроника / В. А. Хорунжий, Е. В. Долбня, П. Н. Богатов ; под ред. В. А. Хорунжего. – Киев : Техніка, 1984. – 152 с.                                                                                                                                            |
| 40. | Яковкин И. Б. Пассивная акустоэлектроника / И.Б. Яковкин ; Новосибирский государственный университет. – Новосибирск, 1978. – 78 с.                                                                                                                                                     |
| 41. | Проектирование фильтров на поверхностно-акустических волнах : учебно-методическое пособие / Т. И. Чернышова, Н. Г. Чернышов. – 2-е изд., стер. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 48 с.                                                                                 |
| 42. | Устройства на поверхностных акустических волнах: учеб. пособие / А. С. Бугаев, В. Ф. Дмитриев, С. В. Кулаков. – СПб.: ГУАП, 2009. – 188 с.                                                                                                                                             |
| 43. | Дмитриев В.Ф. Устройства интегральной электроники. Акустоэлектроника. С.-Петербург. ГУАП, 2006, 168 с.                                                                                                                                                                                 |
| 44. | Дмитриев В.Ф. Акустоэлектронные устройства. Программа, методические указания к выполнению контрольной работы и контрольные задания. Учебное пособие. С.-Петербург. ГУАП, 2006, 14с.                                                                                                    |
| 45. | Бугаев А.С., Дмитриев В.Ф., Кулаков С.В. Устройства на поверхностных акустических волнах. С.-Петербург. ГУАП. 2009. СПб ГУАП. 188с.                                                                                                                                                    |
| 46. | Карих, Евгений Дмитриевич. Оптоэлектроника : Учеб. пособие для студ. специальностей "Радиофизика", "Физическая электроника" вузов / Е.Д. Карих. – Минск : БГУ, 2000. – 262 с.                                                                                                          |
| 47. | Ермаков О. Н. Оптоэлектроника / О. Н. Ермаков [и др.]. – М. : Янус-К, 2010. – (Электроника в техническом университете. Прикладная электроника / под общ. ред. И. Б. Федорова). Ч.1: Физические основы полупроводниковой оптоэлектроники. Когерентная оптоэлектроника. – 2010. – 695 с. |
| 48. | Ермаков О. Н. Оптоэлектроника / О. Н. Ермаков [и др.]. – М. : Янус-К, 2010-. – (Электроника в техническом университете. Прикладная электроника / под общ. ред. И. Б. Федорова). Ч.2: Оптроника. – 2011. – 611 с.                                                                       |
| 49. | Мосс Т. Полупроводниковая оптоэлектроника / Т. Мосс, Г. Баррел, Б. Эллис; пер. с англ. А. А. Гиппиуса и А. Н. Ковалева; под ред. С. А. Медведева. – М. : Мир, 1976. – 431 с.                                                                                                           |
| 50. | Андреева О. В. Экспериментальный практикум по оптоинформатике. Учебное пособие / О. В. Андреева [и др.]. – СПб: СПбГУИТМО, 2008. – 136                                                                                                                                                 |
| 51. | Корпел А. Акустооптика : Пер. с англ. / А. Корпел. – М. : Мир, 1993. – 238 с.                                                                                                                                                                                                          |
| 52. | Бабин С. А. Дифракция света на ультразвуковых колебаниях в кристалле / С. А. Бабин, Л. Н. Вячеславов. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 1991 – 7 с.                                                                                                            |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

| № п/п | Ресурс                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 53.   | Электронная библиотека Зональной научной библиотеки Воронежского госуниверситета : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?lnit+elib.xml,simple_elib.xsl+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?lnit+elib.xml,simple_elib.xsl+rus</a> |
| 54.   | Электронно-библиотечная система "БиблиоТех" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1486">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1486</a>                                                                  |
| 55.   | Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457</a>                                                                      |
| 56.   | Электронно-библиотечная система BOOK.ru.(изд-во "КноРус") : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1436">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1436</a>                                                    |

|     |                                                                                                                                                                                                                        |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 57. | Национальный цифровой ресурс "РУКОТ" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1401">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1401</a>                                |
| 58. | Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM" (изд-во "ИНФРА-М") : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1360">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1360</a>    |
| 59. | Электронно-библиотечная система ibook.ru : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1344">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1344</a>                            |
| 60. | Электронно-библиотечная система IPRbooks : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1343">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1343</a>                            |
| 61. | Электронно-библиотечная система «КнигаФонд» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1336">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1336</a>                         |
| 62. | Электронно-библиотечная система IQLib : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1310">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1310</a>                               |
| 63. | Электронно-библиотечная система "Издательство "Лань" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1308">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1308</a>                |
| 64. | Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1307">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1307</a> |
| 65. | Электронно-библиотечная система "Консультант студента" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1306">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1306</a>              |
| 66. | <a href="https://prezi.com/edvgktchad2u/">https://prezi.com/edvgktchad2u/</a>                                                                                                                                          |
| 67. | <a href="https://prezi.com/lxgkxiu0ji-5/">https://prezi.com/lxgkxiu0ji-5/</a>                                                                                                                                          |
| 68. | <a href="https://prezi.com/3czigqsnabx9/">https://prezi.com/3czigqsnabx9/</a>                                                                                                                                          |
| 69. | <a href="https://prezi.com/twhh7pdotdg4/">https://prezi.com/twhh7pdotdg4/</a>                                                                                                                                          |
| 70. | <a href="https://prezi.com/xhvtvfpngtyp/">https://prezi.com/xhvtvfpngtyp/</a>                                                                                                                                          |
| 71. | <a href="https://prezi.com/_fdjdgjip7ly/">https://prezi.com/_fdjdgjip7ly/</a>                                                                                                                                          |
| 72. | <a href="https://prezi.com/8fdfssewjfjk/">https://prezi.com/8fdfssewjfjk/</a>                                                                                                                                          |
| 73. | <a href="https://prezi.com/7fin4_p-qqbe/">https://prezi.com/7fin4_p-qqbe/</a>                                                                                                                                          |

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Коровченко И. С. Основные понятия функциональной электроники. Полупроводниковая и диэлектрическая электроника. Магнитоэлектроника : учебное пособие / И. С. Коровченко, А. А. Потапов, В. А. Степкин .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— 32 с. |
| 2.    | Коровченко И. С. Оптоэлектроника : учебное пособие / И. С. Коровченко, А. А. Потапов, Г. К. Усков .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— 31 с.                                                                                                    |
| 3.    | Бобрешов А. М. Магнитооптика. Акустооптика : учебное пособие / А. М. Бобрешов, И. С. Коровченко, А. А. Потапов .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— 31 с.                                                                                       |
| 4.    | Бобрешов А. М. Акустоэлектроника. Молекулярная электроника. Кривоэлектроника : учебное пособие / А. М. Бобрешов, И. С. Коровченко, В. А. Степкин, Г. К. Усков .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— 29 с.                                        |
| 5.    | Функциональная электроника : Лабораторная работа № 1. Диод Ганна : учебное пособие / сост. : А. М. Бобрешов, И. С. Коровченко, А. В. Олейников, М. П. Ряполов .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 37 с.                                        |
| 6.    | Функциональная электроника : Лабораторная работа № 2. Акустооптический дефлектор : учебное пособие / сост. : А. М. Бобрешов, И. С. Коровченко, А. В. Олейников, В. А. Степкин .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 29 с.                        |
| 7.    | Функциональная электроника : Лабораторная работа № 4. Расчет фильтра на ПАВ : учебное пособие / сост. : А. М. Бобрешов, И. С. Коровченко, А. В. Олейников, М. П. Ряполов .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 32 с.                             |

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Для ведения лекций используются динамические презентации в формате prezi.com.

Для проведения демонстраций используются интерактивные трансляции видео из лабораторий физического факультета.

---

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционная аудитория с проектором.

Лабораторные установки для демонстрации изучаемых явлений:

1. Лабораторная установка Диод Ганна;
2. Лабораторная установка Акустооптический дефлектор;
3. Лабораторная установка Магнитомягкие материалы;
4. Лабораторная установка Расчет фильтра на ПАВ.

---

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

| Код и содержание компетенции (или ее части)                                                                                             | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)                        | Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)                                                                                                                                                                                                                       | ФОС* (средства оценивания)                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| ПК-1<br>способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования | Знать: основные разделы современной функциональной электроники                                                                                                        | Разделы: Место функциональной электроники в современной радиофизике. Функциональная полупроводниковая электроника. Функциональная диэлектрическая электроника. Функциональная магнитоэлектроника. Оптоэлектроника. Магнитооптика. Акустоэлектроника. Акустооптика. Молекулярная электроника. Криоэлектроника. | Тесты 1 – 10 по соответствующим разделам дисциплины |
|                                                                                                                                         | Уметь: применять методы эксплуатации устройств функциональной электроники для решения задач радиофизики, когда схемотехнический подход применять не целесообразно     | Разделы: Функциональная полупроводниковая электроника. Оптоэлектроника. Акустоэлектроника. Акустооптика.                                                                                                                                                                                                      | Практическое задание                                |
|                                                                                                                                         | Владеть: на основе опыта практической деятельности в области решения различных задач радиофизики с помощью устройств оптоэлектроники, акустооптики, акустоэлектроники | Разделы: Место функциональной электроники в современной радиофизике. Функциональная полупроводниковая электроника. Функциональная диэлектрическая электроника. Функциональная магнитоэлектроника. Оптоэлектроника. Магнитооптика. Акустоэлектроника. Акустооптика. Молекулярная электроника. Криоэлектроника. | Экзамен                                             |
| ПК-2                                                                                                                                    | Знать: существующие                                                                                                                                                   | Разделы: Место функциональной                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Тесты 1 – 10 по                                     |

|                                                                     |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                     |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| способностью использовать основные методы радиофизических измерений | методы измерений, применяющиеся в области функциональной электроники                                                                                                      | электроники в современной радиофизике. Функциональная полупроводниковая электроника. Функциональная диэлектрическая электроника. Функциональная магнитоэлектроника. Оптоэлектроника. Магнитооптика. Акустоэлектроника. Акустооптика. Молекулярная электроника. Криоэлектроника.                               | соответствующим разделам дисциплины |
|                                                                     | Уметь: применять методы расчетов и измерений устройств функциональной электроники для решения задач радиофизики, когда схемотехнический подход применять не целесообразно | Разделы: Функциональная полупроводниковая электроника. Оптоэлектроника. Акустоэлектроника. Акустооптика.                                                                                                                                                                                                      | Практическое задание                |
|                                                                     | Владеть: методами радиофизических измерений для устройств функциональной электроники                                                                                      | Разделы: Место функциональной электроники в современной радиофизике. Функциональная полупроводниковая электроника. Функциональная диэлектрическая электроника. Функциональная магнитоэлектроника. Оптоэлектроника. Магнитооптика. Акустоэлектроника. Акустооптика. Молекулярная электроника. Криоэлектроника. | Экзамен                             |

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом функциональной электроники;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований в области функциональной электроники;
- 4) умение применять свои знания для решения практических задач в области проектирования приборов функциональной электроники;

| Критерии оценивания компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                       | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области функциональной электроники. | Повышенный уровень                   | Отлично           |
| Обучающийся владеет понятийным аппаратом функциональной электроники (теоретическими основами дисциплины), способен совершать проектную деятельность, однако допускает ошибки при применении методов проектирования приборов функциональной электроники.                                               | Базовый уровень                      | Хорошо            |
| Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен к проектированию нескольких видов приборов функциональной электроники, не умеет применять методы расчетов конструктивных решений приборов функциональной электроники, а также методы                           | Пороговый уровень                    | Удовлетворительно |

|                                                                                      |   |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------|
| моделирования физических приборов функциональной электроники.                        |   |                     |
| Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки. | – | Неудовлетворительно |

### **19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:**

1. Современная технология изготовления полупроводниковых приборов схемотехнической микро- и наноэлектроники.
2. Проблемы современной электроники.
3. Понятие динамической неоднородности Эффект Ганна.
4. Приборы с зарядовой связью.
5. Устройства функциональной полупроводниковой электроники.
6. Генераторы СВЧ на основе эффекта Ганна. Усилители СВЧ на основе эффекта Ганна.
7. Принципы работы приборов диэлектрической электроники. Использование основных устройств и направления развития диэлектрической электроники.
8. Принципы работы приборов магнитоэлектроники. Использование основных устройств и направления развития магнитоэлектроники.
9. Физика явлений оптоэлектронных эффектов в твердых телах. Инжекционная люминесценция.
10. Физика явлений оптоэлектронных эффектов в твердых телах. Предпробойная люминесценция. Возбуждение переменным напряжением.
11. Светодиоды и лазерные диоды – генераторы динамических неоднородностей оптоэлектроники.
12. Волоконно-оптические линии связи. Фотодетекторы.
13. Устройства памяти в оптоэлектронике.
14. Оптическая обработка информации в оптоэлектронике. Оптроны.
15. Оптические транспаранты.
16. Эффект Фарадея. Эффект Коттона-Мутона. Эффект Керра.
17. Устройства магнитооптики. Модуляторы света.
18. Магнитооптический модулятор лазерного излучения. Дефлекторы.
19. Запоминающие устройства на магнитооптических дисках.
20. Согласованные фильтры на ПАВ.
21. Конвольверы на ПАВ.
22. Запоминающие корреляторы на ПАВ.
23. Принципы акустооптической обработки радиосигналов. Акустооптические анализаторы спектра.
24. Принципы работы приборов молекулярной электроники.
25. Использование основных устройств и направления развития молекулярной электроники.
26. Принципы работы приборов криоэлектроники. Использование основных устройств и направления развития криоэлектроники.
27. Перспективные разделы функциональной электроники. Основные тенденции развития научных исследований в области функциональной электроники.

#### **19.3.2 Перечень практических заданий:**

1. Расчет фильтра на ПАВ;

## 2. Моделирование светового поля акустооптической ячейки.

### 19.3.3 Тестовые задания:

Перечень тестовых заданий содержится на сайте <https://edu.vsu.ru>.

### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме тестирования. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.