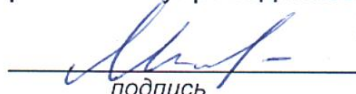


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующая кафедрой
физики полупроводников и микроэлектроники


подпись

(Меньшикова Т.Г.)
расшифровка подписи

05.06.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.03.01 Средства автоматизации измерений и анализа сигналов

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.04.03 Радиофизика

2. Профиль подготовки: Микроэлектроника и полупроводниковые приборы

3. Квалификация (степень) выпускника: магистр

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: _____

физики полупроводников и микроэлектроники

6. Составители программы: Богатилов Евгений Васильевич

кандидат физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована: НМС физического факультета протокол №6 от 04.06.2025

8. Учебный год: 2026-2027 **Семестр:** 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины: целями освоения дисциплины является формирование специальных знаний о применении среды разработки виртуальных приборов LabVIEW для создания автоматизированных измерительных стендов.

Задачи учебной дисциплины:

В задачи дисциплины входят:

- изучение основ планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных;
- изучение основ программирования в среде LabVIEW;
- приобретение навыков удаленного управления измерительными приборами при помощи SCPI-команд.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1. Для ее усвоения требуются знания, формируемые при освоении ОПОП в рамках курса Б1.О.09 Теория и техника современного радиофизического эксперимента.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудового действия ТД.2 «Проведение измерений тестовых структур и МИС СВЧ, анализ данных измерений» трудовой функции А/02.6 «Подготовка конструкторской документации для запуска МИС СВЧ в производство» профессионального стандарта 40.003 «Инженер-конструктор в области производства наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем»

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

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-4	Способен проводить исследования, направленные на решение исследовательских задач в рамках реализации научного (научно-технического, инновационного) проекта в области профессиональной деятельности	ПК-4.4	Владеет базовыми знаниями о методах и средствах автоматизации научного исследования	<i>Знать:</i> - основы регрессионного анализа; <i>Уметь:</i> - составлять матрицу полного факторного эксперимента; - вычислять коэффициенты регрессии <i>Владеть:</i> - навыками выбора измерительных средств для задач исследования полупроводниковых приборов
		ПК-4.5	Разрабатывает алгоритмы для автоматизации научных исследований	<i>Знать:</i> - основы программирования и функции обработки экспериментальных данных в среде LabVIEW; <i>Владеть:</i> - навыками удаленного управления измерительными приборами средствами LabVIEW
		ПК-4.6	Реализует алгоритмы для автоматизации научных исследований в современных средах разработки программных продуктов	<i>Владеть:</i> - навыками разработки автоматизированных измерительных стендов

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 2 / 72.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы		Трудоемкость (часы)	
		Всего	По семестрам
			3 сем.
Аудиторные занятия,		24	24
в том числе:	лекции	12	12
	Практические занятия	12	12
Самостоятельная работа		48	48
Итого:		72	72

13.1. Содержание дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
Лекции		
1.1	Основы планирования эксперимента	Понятие планирования эксперимента. Задачи оптимизации. Объект исследования. Параметры оптимизации. Математическая модель исследования. Функция отклика. Факторы. Уровни факторов. Требования к параметру оптимизации. Обобщенный параметр оптимизации. Функция желательности Харрингтона. Матрица планирования эксперимента. Регрессионный анализ. Выбор экспериментальной области факторного пространства. Выбор основного уровня. Выбор интервалов варьирования. Матрица полного факторного эксперимента. Рандомизация опытов в плане эксперимента. Дробный факторный эксперимент. Вычисление коэффициентов регрессии и шагов крутого восхождения. Оценка адекватности модели. Методы аппроксимации экспериментальных данных.
1.2	Основы программирования в среде LabVIEW	Назначение и возможности среды LabVIEW. Интерфейс среды LabVIEW: блок-диаграмма, лицевая панель, палитры элементов, палитра инструментов, работа с проводами и терминалами, позиционирование и выравнивание элементов, контекстная помощь, инструменты отладки. Принцип потокового программирования. Типы данных. Циклы: ввод и вывод данных через туннели, туннели с автоиндексацией для заполнения массивов, использование регистров сдвига для передачи данных между итерациями цикла. Структуры выбора: селектор выбора, изменение элементов в списке значений селектора выбора. Задание последовательности выполнения команд структурой Sequence. Таймер.
1.3	Управление внешними устройствами в LabVIEW	Библиотека интерфейсов ввода-вывода VISA: назначение, возможности, установка, тестирование соединения по COM-порту. Работа с COM-портом: открытие порта, настройка параметров, запись и чтение данных, закрытие порта. Работа с текстовыми файлами: открытие файла, настройка параметров чтения, чтение и запись данных, закрытие файла. Работа со строками: поиск подстроки, регулярные выражения. Работа с графиками: элемент XY Graph, объединение данных в кластер.

1.4	Функции обработки экспериментальных данных в LabVIEW	Функции статистической обработки данных в LabVIEW (Mathematics-Probability&Statistics): среднее, медиана, дисперсия, построение гистограмм, расчет квантилей. Функции аппроксимации: общая линейная аппроксимация методом наименьших квадратов, полиномиальная и экспоненциальные аппроксимации.
1.5	Разработка испытательного стенда	Оборудование, используемое при тестировании полупроводниковых приборов и интегральных схем. Интерфейсы передачи данных измерительного оборудования: LAN, GPIB, RS232, USB. Команды стандарта SCPI.
Лабораторные работы		
2.1	Основы планирования эксперимента	Занятие 1. Построение матрицы полного факторного эксперимента.
2.2	Основы программирования в среде LabVIEW	Занятие 2. Разработка виртуального прибора расчета арифметической и геометрической прогрессий
2.3	Управление внешними устройствами в LabVIEW	Занятие 3. Разработка виртуального прибора для приема и передачи данных через COM-порт
2.4	Функции обработки экспериментальных данных в LabVIEW	Занятие 4. Разработка виртуального прибора для аппроксимации данных методом наименьших квадратов
2.5	Разработка испытательного стенда	Занятие 5. Разработка испытательного стенда для измерения ВАХ полупроводниковых приборов

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Практические	Самостоятельная работа	Всего
1	Основы планирования эксперимента	4	2	16	22
2	Основы программирования в среде LabVIEW	2	2	8	12
3	Управление внешними устройствами в LabVIEW	2	2	8	12
4	Функции обработки экспериментальных данных в LabVIEW	2	2	8	12
5	Разработка испытательного стенда	2	4	8	14
	Итого:	12	12	48	72
	Итого по курсу				72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Средства автоматизации измерений и анализа сигналов» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Метод преподавания – проблемный, форма обучения – групповая, форма общения – интерактивная. Обязательное посещение практических занятий и текущих аттестаций.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредото-

чить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнится, когда требуется.

Следует помнить, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
 - понимать значение и важность ее в данном курсе;
 - четко представлять план;
 - уметь выделить основное, главное;
 - усвоить значение примеров и иллюстраций;
 - связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
 - представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.
- Существует несколько общих правил работы на лекции:
- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
 - к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
 - лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
 - так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и неизвестное, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
 - записывать надо сжато;
 - во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью. Самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности. Она обеспечивает формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа студента позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу студентов и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность студентов должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности студента по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных студентом знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы студента предполагает наличие следующих составляющих: понимание методологических основ построения изучаемых знаний; выделение главных структур учебного курса; формирование средств выражения в данной области; построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа студента при изучении курса «Средства автоматизации измерений и анализа сигналов» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, подготовку к практическим занятиям, подготовку к зачету.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Средства автоматизации измерений и анализа сигналов» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 12 часов;
подготовка к практическим занятиям	- 12 часов;
подготовка к зачету	- 24 часа;
Итого - 48 часов.	

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 (30 лекций) : учебное пособие для студ. вузов / П.А. Бутырин [и др.] ; под ред. П.А. Бутырина .— М. : ДМК Пресс, 2005 .— 264 с.
2	LabVIEW : практикум по основам измерительных технологий : учебное пособие для студ. вузов / В.К. Батоврин [и др.] .— М. : ДМК Пресс, 2005 .— 204 с.
3	Сидняев Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебное пособие / Н.И. Сидняев .— М. : Юрайт, 2011 .— 399 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Тревис Д. LabVIEW для всех / Д. Тревис ; Пер. с англ. Н.А. Клушина; Под ред. В.В. Шаркова .— М. : ДМК Пресс : ПриборКомплект, 2004 .— 537 с.
5	Батоврин В.К. LabVIEW : практикум по электронике и микропроцессорной технике / В.К. Батоврин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин .— М. : ДМК Пресс, 2005 .— 180 с.
6	Автоматизация измерений, контроля и испытаний : [учебное пособие] / С.В. Мищенко [и др.] ; Тамбов. гос. техн. ун-т .— Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2007 .— 115 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	Форум инженеров, посвященный LabVIEW <URL: http://www.labviewportal.org >

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Богатиков Е.В. Разработка испытательных стендов для полупроводниковых приборов на базе LabVIEW: учебно-методическое пособие / Е.В. Богатиков и др. – Воронеж. – Издательский дом ВГУ, 2019. – 38 с.
2	Радченко Ю. С. Методы обработки и планирования эксперимента [Электронный ресурс] : учебно-методическое Ч. 2. Проверка гипотез, аппроксимация распределений / Ю.С. Радченко ; Воронеж. гос. ун-т .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2017.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебного процесса по дисциплине:

№ п/п	Источник
1	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
2	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
3	Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционные занятия проводятся в мультимедийном кабинете кафедры ФППИМЭ, оснащённым стационарным мультимедийным проектором AcerX125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт., экран, с лицензионным программным обеспечением Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Для проведения практических занятий необходима лаборатория со следующим оборудованием: учебный комплекс NI Elvis II – 1 шт., компьютеры Lenovo V520-15IKL - 8 шт., цифровые осциллографы UTD2025CL - 6 шт., функциональные генераторы UTG2025A - 3 шт., источники питания QJ1503C – 3 шт., мультиметры цифровые DM3058E – 3 шт., прецизионный программируемый источник питания DP832A – 1 шт., измеритель импеданса прецизионный LCR-76100 – 1 шт., а также лицензионным программным обеспечением LabVIEW.

Аудитория для самостоятельной работы студентов оснащена сервером на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт. , подключенные к сети Интернет с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ и лицензионным программным обеспечением: Microsoft Windows 7, Windows 10, договор

3010-15/207-19 от 30.04.2019; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Основы планирования эксперимента	ПК-4	ПК-4.4	Перечень вопросов
2	Основы программирования в среде LabVIEW	ПК-4	ПК-4.5	Перечень вопросов
3	Управление внешними устройствами в LabVIEW	ПК-4	ПК-4.6	Перечень вопросов
4	Функции обработки экспериментальных данных в LabVIEW	ПК-4	ПК-4.5	Перечень вопросов
5	Разработка испытательного стенда	ПК-4	ПК-4.6	Перечень вопросов
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет				Вопросы к зачету

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости осуществляется с помощью оценки результатов выполнения практических заданий, а также проведения опросов.

Примерный перечень заданий для практических занятий

1. Выбрать варьируемые факторы и построить матрицу планирования эксперимента для усилительного каскада с общим эмиттером (напряжение питания может варьироваться в пределах 3.3 – 12 В, используемый транзистор 2N4401) с целью оптимизировать малосигнальный коэффициент усиления по напряжению.
2. Разработать виртуальный прибор вычисляющий n -й член и сумму первых n членов арифметической/геометрической прогрессии. Для вычисления использовать структуру цикла. Число n должно задаваться пользователем на лицевой панели. Выбор между типом прогрессии должен производиться переключателем. Провести отладку виртуального прибора в пошаговом режиме, контролируя промежуточные данные и данные, выводимые на лицевой панели.
3. Разработать виртуальный прибор, передающий по COM-порту SCPI-команду *IDN? и выводящий полученный ответ на экран.

4. Разработать виртуальный прибор, считывающий текстовые данные, содержащие ВАХ диода, имеющую экспоненциальный характер (первое число в строке – значение напряжения, второе – значение тока, разделитель - пробел), методом наименьших квадратов найти параметры ВАХ.
5. Разработать виртуальный прибор, измеряющий ВАХ полупроводникового диода при помощи программируемого блока питания QJ3003P. Команды, задающие значения напряжения/тока, а также измеряющие напряжение/ток, считывать из предварительно созданного текстового файла. Полученные результаты отобразить в виде графика и сохранить в текстовый файл.

Примерный перечень вопросов для текущего контроля успеваемости

1. В чем заключается принцип потокового программирования?
2. Как отличить данные разных типов на блок-диаграмме?
3. Какой комбинацией клавиш производится переключение между блок-диаграммой и лицевой панелью?
4. Как создать контрольную точку для отладки виртуального прибора?
5. Как запустить пошаговое выполнение виртуального прибора?
6. Каким образом можно отслеживать данные, передаваемые по проводникам при отладке?
7. Какие инструменты предусмотрены для улучшения читаемости блок-диаграммы?
8. Какую функцию несет режим Operating Tool на палитре инструментов?
9. Как изменить тип вводимых данных для элемента управления Numeric Control?
10. Как изменить список элементов селектора в структуре выбора Case?
11. Какой инструмент используется для передачи данных между итерациями цикла?
12. Для чего используется туннель с автоиндексацией?
13. В каких режимах может работать переключатель типа Boolean и как можно их изменить?
14. Для чего используется библиотека VISA?
15. Какой элемент используется для настройки параметров COM-порта?
16. Для чего используется функция Match Pattern?
17. Для чего используются регулярные выражения?
18. Для чего используется SCPI-команда *IDN? ?

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине – *зачет*. Оценка за освоение дисциплины определяется ведущим дисциплину преподавателем как экспертом.

Перечень вопросов к зачету

1. Планирование эксперимента: задачи оптимизации, объект исследования, параметры оптимизации.
2. Математическая модель исследования. Функция отклика. Факторы. Уровни факторов.
3. Обобщенный параметр оптимизации.
4. Функция желательности Харрингтона.
5. Матрица планирования эксперимента.
6. Регрессионный анализ.
7. Выбор экспериментальной области факторного пространства.

8. Рандомизация опытов в плане эксперимента.
9. Вычисление коэффициентов регрессии и шагов крутого восхождения.
10. Циклы в LabVIEW.
11. Структура выбора в LabVIEW.
12. Тактирование и управление порядком выполнения функций в LabVIEW.
13. Отладка программ в LabVIEW.
14. Работа с массивами и кластерами в LabVIEW.
15. Работа с внешними устройствами в LabVIEW.
16. Работа со строками и файлами в LabVIEW.
17. Работа с графиками в LabVIEW.
18. Функции статистической обработки данных в LabVIEW.
19. Функции аппроксимации данных в LabVIEW.
20. Интерфейсы передачи данных измерительного оборудования: LAN, GPIB, RS232, USB.
21. Стандарт SCPI.

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения практических работ.

Каждому обучающемуся задаются вопросы по всем разделам спецкурса.

Оценка освоения компетенций обучающимися во время прохождения спецкурса осуществляется по следующим критериям:

- уровень профессиональной подготовки;
- ответы на контрольные вопросы.

Уровень профессионализма (профессиональные знания, умения, навыки и компетенции) оценивается по следующим показателям:

- умение формулировать цели исследований;
- адекватное применение физико-математического аппарата для решения поставленных задач;
- адекватная рефлексия выполняемой научно-практической деятельности.

На основании выполнения обучающимся программы спецкурса и с учетом критериев оценки итогов освоения спецкурса выставляется: «зачтено»/«не зачтено».

Критерии оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

- оценка «зачтено» выставляется при полном соответствии работы обучающихся всем вышеуказанным показателям: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически и в полном объеме. Данный уровень обязателен для всех осваивающих ООП;
- оценка «не зачтено» выставляется в случае несоответствия работы обучающегося всем требуемым показателям, неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении заданий, предусмотренных программой спецкурса.