МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
_____ В.Д. Рябичев
«04» 04 2025 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к проведению профессионального аттестационного экзамена для лиц, поступающих на обучение по программам магистратуры по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Пояснительная записка состоит из:
- программы вступительного испытания;
- требований к уровню подготовки поступающих;
- перечня рекомендованной литературы;
- порядка проведения вступительного испытания;
- критериев оценивания

Луганск 2025

ВВЕДЕНИЕ

Программа вступительного профессионального аттестационного экзамена разработана на основании образовательных программ бакалавриата соответствующего направления подготовки.

Целью проведения вступительного экзамена является проверка уровня знаний, умений и навыков поступающих, необходимых для освоения образовательной программы данного уровня высшего образования.

1 ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО АТТЕСТАЦИОННОГО ЭКЗАМЕНА

1.1 Физика электронных и полупроводниковых приборов

Электронно-дырочный (p-n) переход. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Вольтамперная характеристика p-n-перехода. Ток носителей заряда в p-n-переходе. Коэффициент инжекции. Генерация и рекомбинация носителей в p-n-переходе. Барьерная и диффузионная емкость. Пробой p-n-перехода: тепловой, лавинный, туннельный. Гетеропереходы. Контакт металл-полупроводник. Барьер Шоттки. Омический контакт.

Полупроводниковые диоды. Основные характеристики диодов, их зависимость от температуры и режимов. Эквивалентные схемы. Импульсные и частотные свойства диодов.

Выпрямительные и импульсные диоды. Варикапы. Стабилитроны. Туннельные и обращенные диоды. Лавинно-пролетные диоды. Диоды Шоттки. Диоды СВЧ. Диоды Ганна.

Биполярные транзисторы. Структура и принцип действия. Распределение носителей по структуре транзистора. Схемы включения транзисторов. Эффект Эрли. Основные параметры и характеристики транзисторов, их зависимость от температуры и режима. Импульсные и частотные свойства транзисторов. Пробой транзисторов и смыкание переходов. Шумы в транзисторах. Мощные транзисторы. СВЧ-транзисторы. Гетероструктурные биполярные транзисторы.

Диодные и триодные тиристоры. Структура и принцип действия. Эквивалентная схема динистора. Параметры тиристоров. Тиристор с шунтированным эмиттерным переходом. Тиристор с обратной проводимостью. Запорный тиристор. Симисторы.

Полевые транзисторы. Полевые транзисторы с управляющим p-n-переходом. Полевые транзисторы МДП. Принцип действия. Модуляция глубины канала. Основные параметры и характеристики полевых транзисторов. Частотные и импульсные свойства. Шумы полевых транзисторов на низких и высоких частотах. МДП-транзисторы с индуцированным и встроенным каналами.

Интегральные микросхемы. Элементы ИС: транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы в составе ИС. Классификация ИС по конструктивно-технологическому и функциональному признакам. Цифровые и аналоговые

ИС. Полупроводниковые запоминающие устройства и микропроцессоры. Биполярные ТТЛ-, ЭСЛ-схемы. МДП-ИС: с p- и n-каналами, КМОП.

Приборы с зарядовой связью. Приборы с зарядовой связью. Принцип действия, основные параметры, области применения.

Оптоэлектронные приборы. Назначение и области применения. Фотоприемники: фотодиоды, фототранзисторы, фоторезисторы, лавинные фотодиоды. Принцип действия, основные параметры и характеристики: фоточувствительность, инерционность, минимальный уровень регистрации. Солнечные батареи. Полупроводниковые излучатели: светодиоды и лазеры. Приборы для систем отображения информации. Оптроны и оптоэлектронные интегральные схемы.

Термоэлектрические и гальваномагнитные полупроводниковые приборы.

Твердотельные датчики и микроэлектронные преобразователи информации.

1.2 Приборы и устройства СВЧ

Гибридные ИС СВЧ. Понятие гибридной интегральной схемы СВЧ. Основные линии передач ГИС СВЧ. Расчет параметров линий.

Устройства распределения (суммирования) мощности СВЧ. Применение делителей (сумматоров) мощности. Элементы многоканальных делителей. Параллельное разветвление линий передач. Двухканальный синфазный направленный делитель мощности. Кольцевой мост. Многоканальные делители. Алгоритмы расчета многоканальных делителей. Определение мощностей в исходных каналах делителя по заданному закону. Расчет частотных характеристик многоканальных делителей. Четырехканальные делители мощности. Делители мощности на 64 канала. Характеристики делителей, выполненных из мостовых устройств.

Избирательные устройства. Классификация избирательных устройств, формирующих один или несколько частотных каналов. Основные параметры микроэлектронных фильтров. Аппроксимация функций рабочего затухания. Расчет топологии фильтров нижних частот. Расчет топологии ФНЧ с чебышевской характеристикой на МПЛ. Расчет топологических схем ППФ на связанных одинаковых МПЛ.

Смесители. Параметры смесителей. Основные требования к смесителям. Выбор активных элементов. Схемы смесителей. Математические модели смесителей. Смесители на комбинациях линий передач.

Усилительные устройства. Требования к малошумящим усилителям СВЧ. Параметры малошумящих усилителей СВЧ. Усилительные элементы. Математическая модель транзистора. Расчет усилителя. Использование ЭВМ при проектировании усилителей. Топологические схемы микроэлектронных СВЧ усилителей. Многокаскадные усилители. Влияние внешних факторов на работу усилителей с ПТ.

Устройства управления мощностью. Требования к устройствам управления мощностью. Классификация устройств управления мощностью.

Управляющие элементы. Математический аппарат для расчета устройств на сосредоточенных элементах. Устройства на сосредоточенных управляющих элементах. Устройства на элементах с распределенными параметрами.

Фазовращатели. Параметры полупроводниковых фазовращателей. Схемы фазовращателей. Анализ характеристик фазовращателей с направленным ответвителем.

Ограничители мощности. Параметры ограничителей мощности. Ограничительные диоды. Схемы ограничителей мощности и их расчет.

1.3 Процессы микро- и нанотехнологии

Выращивание монокристаллов полупроводников. Выращивание монокристаллов полупроводников методами Бриджмена и зонной плавки. Особенности выращивания методами Чохральского и Степанова. Методы роста Вернейля и Киропулоса.

Определение кристаллографической ориентации полупроводника. Ориентированная резка, шлифовка и полировка пластин.

Химическое травление и очистка пластин полупроводников. Химическое травление и химическая полировка германия, кремния и арсенида галлия. Химико-механическая полировка. Финишная очистка пластин.

Эпитаксия. Практические методы эпитаксиального наращивания. Распределение примесей в эпитаксиальных слоях. Дефекты эпитаксиальных пленок. Получение эпитаксиальных гетеропереходов. Выращивание эпитаксиальных пленок А3В5. Сравнение газотранспортной, жидкофазной и молекулярной эпитаксий.

Планарная технология. Физические основы процесса диффузии. Основные уравнения. Практические методы проведения процессов диффузии.

Методы получения электронных и ионных потоков. Ионное легирование. Плазмохимические и ионно-плазменные методы обработки полупроводниковых и металлических слоев.

Термическое окисление кремния в водяном паре, в сухом и влажном кислороде. Распыление и конденсация оксидов кремния в вакууме. Анодное окисление. Химическое осаждение оксида из газовой фазы. Маскирующее свойство пленок оксида кремния. Пленки нитрида кремния.

Получение тонких пленок. Термическое испарение в вакууме. Ионно-плазменное распыление. Химическое и плазмохимическое осаждение из газовой фазы. Материалы тонкопленочной технологии.

Литография. Типы литографических процессов. Фоторезисты. Проекционная фотолитография, электронно-лучевая литография и рентгеновская литография. Фотошаблоны и их изготовление. Дефекты микросхем, связанные с фотолитографическими процессами.

Основы конструирования полупроводниковых ИС. Методы изоляции элементов. Изопланарная технология, эпик-процесс, технология «кремний на изоляторе» и «кремний в диэлектрике».

Особенности нанотехнологий и наноэлектроники. Определение размеров частиц. Определение структуры поверхности. Просвечивающая электронная микроскопия. Ионно-полевая микроскопия. Сканирующая микроскопия. Методы синтеза наноструктур.

2 ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ПОДГОТОВКИ ПОСТУПАЮЩИХ

Поступающий должен:

Знать:

- приборы твердотельной электроники и микроэлектроники: электронно-дырочный переход, полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, полевые транзисторы, интегральные микросхемы, оптоэлектронные приборы, термоэлектрические и гальваномагнитные приборы;
- основные линии передач ГИС СВЧ, устройства распределения (суммирования) мощности СВЧ, избирательные устройства СВЧ, смесители, усилительные устройства СВЧ, устройства управления мощностью, устройства на сосредоточенных управляющих элементах, устройства на элементах с распределенными параметрами, фазовращатели;
- технологию изготовления полупроводниковых приборов и интегральных микросхем: вакуумных насосов и приборов измерения вакуума, основные методы выращивания монокристаллов полупроводников, резку слитков на пластины, шлифовку и полировку подкладок, методы эпитаксии, методы диффузии, ионного легирования, получения тонких пленок, литографии, основы конструирования полупроводниковых интегральных схем.

Уметь:

- рассчитывать и измерять параметры фотоэлектрических и светоизлучательных приборов;
- рассчитывать параметры *p-n*-перехода;
- измерять вольтамперные характеристики диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров, фотодиодов, фототранзисторов, светодиодов и лазеров;
- использовать термоэлектрические и гальваномагнитные приборы, датчики и преобразователи информации;
- рассчитывать микрополосковую, копланарную, щелевую, симметричную, высокодобротную микрополосковую линию передачи, делители и сумматоры СВЧ мощности, смесители, антенные решетки, элементы согласования с коаксиальными и волноводными элементами антенно-фидерных устройств;
- выбирать и рассчитывать пассивные и управляющие устройства для СВЧ схемотехники;
- использовать вакуумные насосы и приборы измерения вакуума;

- разрабатывать технологические операции выращивания монокристаллов и эпитаксиального роста пластов, резки слитков на пластины;
- рассчитывать процессы диффузии;
- использовать термическое испарение для получения тонких пленок, методы литографии.

3 СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Червяков Г.Г., Прохоров С.Г., Шиндор О.В. Электронные приборы: учебное пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2018. 333 с.
2. Осадчий Е.Н., Червяков Г.Г. Основы полупроводниковой оптоэлектроники. Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2018. 200 с.
3. Шангина Л.И. Квантовая и оптическая электроника: учебное пособие. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2017. 303 с.; [Электронный ресурс]. URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208584.
4. Борисенко В.Э., Воробьева А.И., Уткина Э.А. Наноэлектроника: учеб. пособие. М.: Изд-во БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. 186 с.
5. Щука А.А. Наноэлектроника. М.: Физматлит, 2007. 521 с.
6. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники: учеб. пособие. М.: Изд-во ЛОГОС, 2006. 232 с.
7. Заячук Д.М. Нанотехнологии и наноструктуры. Львов, 2009. 197с.
8. Герасименко Н., Пархоменко Ю. Кремний - материал наноэлектроники. М.: Техносфера, 2007. 352 с.
9. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике. М.: Техносфера, 2005. 448 с.
10. Сергеев Г.Б. Нанохимия. М.: КДУ, 2006. 336 с.
11. Джуринский К.Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. М.: Техносфера, 2006. 216 с.
12. Алексеев О.В. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств. М.: Высшая школа, 2001. 215 с.
13. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: учебник. М.: Форум, Инфра-М, 2005. 146 с.
14. Белов Л.А. Устройства формирования СВЧ-сигналов и их компоненты: учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 320 с.
15. Данилин А.А. Измерения в технике СВЧ: учеб. пособие. М.: Радиотехника, 2008. 184 с.
16. Григорьев А.Д., Иванов В.А., Молоковский С.И. Микроволновая электроника: учебник; Под ред. А.Д. Григорьева. СПб.: Изд-во «Лань», 2016. 495 с.
17. Марченко А.Л. Основы электроники: учебное пособие. М.: ДМК Пресс, 2012. 296 с.
18. Коледов Л.А. Технология конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок. Учебник для вузов. М.: Радио и связь, 2013. 400 с.
19. Королев М.А., Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. Часть 1: Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 397с

20. Свистова Т.В. Функциональная электроника: учеб. пособие. [Электронный ресурс]. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. 288 с.

21. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов [Электронный ресурс] / Лебедев А. И. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 488 с. - ISBN 978-5-9221-0995-6 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - Режим доступа : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109956.html

22. Ковалев А.Н. Физика и технология наноструктурных гетерокомпозиций [Электронный ресурс] / Ковалев А.Н. - М. : МИСиС, 2015. - 460 с. - ISBN 978-5-87623-941-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - Режим доступа : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876239419.html

23. Щука А.А. Электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Щука А.А. - СПб:БХВ-Петербург, 2008. - 751 с. ISBN 978-5-9775-0160-6 - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/350420

24. Соколов С.В. Электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / Соколов С.В., Титов Е.В., Соколов С.В. - М.: Гор. линия-Телеком, 2013. - 204 с.: 60x88 1/16. - (Специальность) ISBN 978-5-9912-0344-9 - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/436971

25. Наумкина Л.Г. Электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / Наумкина Л.Г. - М.:Горная книга, 2007. - 331 с.: . - (Горная электромеханика) ISBN 978-5-98672-053-1 - Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=996056&spec=1

26. Белоус А.И., СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. В 2-х книгах. Книга 1 : Техническая энциклопедия [Электронный ресурс] / Белоус А.И., Мерданов М. К., Шведов С.В. - М. : Техносфера, 2018. - 818 с. - ISBN 978-5-94836-531-2 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - Режим доступа : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948365312.html

27. Белоус А.И., СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. В 2-х книгах. Книга 2 : Техническая энциклопедия [Электронный ресурс] / Белоус А.И., Мерданов М. К., Шведов С.В. - М. : Техносфера, 2018. - 702 с. - ISBN 978-5-94836-532-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - Режим доступа : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948365329.html

28. Барыбин А.А. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс] / Барыбин А.А., Томилин В.И., Шаповалов В.И. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 784 с. - ISBN 978-5-9221-1321-2 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - Режим доступа : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113212.html

4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительное испытание проводится в форме тестирования.

Для проведения тестирования формируются отдельные группы поступающих в порядке поступления (регистрации) документов.

Для проведения тестирования профессиональной аттестационной комиссией предварительно готовятся тестовые задания согласно перечню тем, указанных в данной программе. Программа вступительного испытания обнародуется на официальном сайте ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля».

Вступительное испытание проводится в сроки, предусмотренные Правилами приема в ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» в 2025 году.

На тестирование поступающий должен явиться с паспортом и шариковой ручкой **чёрного** цвета.

Поступающий получает лист с тестовыми заданиями по вышеуказанным темам, который содержит **25 заданий** с вариантами ответов, один из которых правильный.

Поступающий отвечает на эти задания в течение **60 минут**.

Ответы фиксируются поступающим в «Карте ответов по тесту».

Во время прохождения вступительных испытаний поступающим запрещается иметь при себе и (или) использовать средства связи

Пользоваться при тестировании печатными или электронными информационными средствами запрещается.

При нарушении поступающим во время проведения вступительного испытания Правил приема, уполномоченные должностные лица ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» составляют акт о нарушении и о непрохождении поступающим вступительного испытания без уважительной причины, а при очном проведении вступительного испытания - также удаляют поступающего с места проведения вступительного испытания.

Поступающий сдает каждое внутреннее вступительное испытание однократно.

5 КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
знаний, умений и навыков поступающего

Оценивание уровня знаний, умений и навыков поступающего осуществляется на основании следующих критериев:

1. Правильность ответов;
2. Степень усвоения программного материала.

Максимальное количество баллов для вступительного испытания составляет 100 баллов.

Правильный ответ на каждое задание оценивается в **4 балла**.

Результаты вступительного испытания фиксируются экзаменатором в «Карте ответов по тесту».

Поступающий должен набрать не менее **40 баллов**. Это позволит поступающему принять участие в конкурсе на обучение в ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля».

Поступающие, набравшие по результатам вступительного испытания менее **40 баллов**, к дальнейшему участию в конкурсе не допускаются.

Заявление об апелляции поступающий может подать в день проведения вступительного испытания или в день объявления результатов вступительного испытания до 16:00 часов.

Результаты вступительных испытаний действительны при приеме на обучение на учебный год, на который осуществляется прием на обучение.