



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)



УТВЕРЖДАЮ
Ректор ВГТУ

С.А. Колодяжный
01 _____ 2017 г.

Система менеджмента качества

ПРОГРАММА

**ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ
ПО ПРОГРАММАМ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ**

«ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СИСТЕМЫ СВЯЗИ»
(направление подготовки 11.06.01)

**«ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ, МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, ПРИБОРЫ НА
КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТАХ»**
(направленность 05.27.01)

**ПРОГРАММА**

ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ «ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ, МИКРО – И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, ПРИБОРЫ НА КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТАХ»

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО
(по программам магистратуры и специалитета)

**I. Перечень элементов содержания, проверяемых
на вступительном испытании по твердотельной электронике,
радиоэлектронным компонентам, микро- и нанoeлектронике, приборам на
квантовых эффектах**

1. Физические вопросы твердотельной электроники и микроэлектроники

1. Строение твердого тела. Строение атома. Кристаллическая решетка, кристаллы, твердые тела. Колебания кристаллической решетки, акустические и оптические фононы. Теплоемкость и теплопроводность твердых тел. Температура Дебая.

2. Основы зонной теории твердых тел. Электрон в периодическом поле. Уравнение Шредингера для электрона в кристалле. Энергетический спектр электрона в кристалле. Зоны Бриллюэна. Диэлектрики, полупроводники, металлы.

3. Полупроводники. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Уровень Ферми. Собственные и примесные полупроводники. Вырожденные полупроводники. Примесные уровни. Физические и химические свойства полупроводниковых материалов: Ge, Si, GaAs и твердых растворов.

4. Носители заряда в полупроводнике. Подвижность и объективная масса носителей. Зависимость подвижности от температуры. Гальваномагнитные и термоэлектрические эффекты. Взаимодействие носителей с упругими волнами в полупроводниках.

5. Узкозонные полупроводники и полуметаллы. Фазовые переходы в твердых растворах, ширина запрещенной зоны, подвижность и концентрация носителей при низких температурах.

6. Неравновесные носители в полупроводнике. Уравнение непрерывности. Время жизни. Механизмы рекомбинации. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда. Поверхностная рекомбинация.

7. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение света свободными носителями заряда. Собственное поглощение света решеткой. Поглощение света электронами, влияние внешних условий на спектр поглощения. Фоторезистивный эффект. Эффект Дембера. Фотомагнитоэлектрический эффект. Люминесценция.

8. Диэлектрики. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери. Электронная и ионная поляризуемость. Электропроводность диэлектриков и пробой.

9. Твердые тела при низких температурах. Электрон-фонноное взаимодействие и длина свободного пробега электронов при малых кТ. Фазовый переход и критические параметры в сверхпроводниках. Туннельные явления в сверхпроводниках, эффект Джозефсона. Резонансные явления. Аномалии



ПРОГРАММА

ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ «ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ, МИКРО – И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, ПРИБОРЫ НА КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТАХ»

теплоемкости и теплопроводности при низких температурах.

10. Поверхностные и контактные явления в твердых телах. Дебаева длина экранирования. Работа выхода и контактные разности потенциалов. Контакт металл-полупроводник. Барьер Шоттки. Поверхностные состояния.

2. Технология твердотельной электроники и микроэлектроники

Технология изготовления интегральных схем

1. Планарная технология, основные особенности и тенденция развития, Основные процессы планарной технологии.

2. Материалы, применяемые в планарной технологии. Основные характеристики кремния и арсенида галлия. Кристаллическая решётка кремния. Индексы Миллера.

3. Обработка поверхности кремния. Механическая обработка кремния, резка слитков на пластины, шлифовка и полировка пластин кремния. Химическая обработка кремния. Травление кремния: жидкостное, газовое, ионное и плазмохимическое. Загрязнения поверхности кремния и способы очистки, используемые в планарной технологии.

4. Методы сухого травления материалов: полупроводников, металлов, диэлектриков в технологии твердотельной электроники. Ионно-плазменное травление, ионно-лучевое, плазмохимическое, ионно-химическое травление.

5. Маскирующие и пассивирующие слои на поверхности. Получение слоев SiO_2 методом термического окисления кремния. Физические процессы при росте пленки SiO_2 . Фиксированный и подвижный заряд в SiO_2 . Зависимость толщины SiO_2 от режима окисления. Свойства слоев SiO_2 , нанесения на поверхность кремния. Другие методы получения SiO_2 . Получение свойства, использование в планарной технологии слоев Si_3N_4 .

6. Диффузия примесей в кремнии. Закон Фика. Уравнение диффузии и его основные решения. Методы осуществления диффузии в планарной технологии. Локальная диффузия. Диффузия при наличии отраженной полупроводниковой границы.

7. Литография. Фотолитография. Электронно-лучевая и рентгеновская литография. Фоторезисты, процессы, протекающие при их обработке. Особенности фотолитографии планарных приборов.

8. Эпитаксиальное выращивание слоев кремния. Основы процессов эпитаксиального выращивания. Хлоридный метод. Другие методы выращивания эпитаксиальных слоев. Методы легирования эпитаксиальных слоев. Дефекты, возникающие при выращивании эпитаксиальных слоев.

9. Особенности технологии изготовления полупроводниковых приборов и ИС на арсениде галлия. Обработка поверхности арсенида галлия, травление, металлизация, получение омических контактов к арсениду галлия и контактов типа барьера Шоттки.



10. Заключительные операции пленарной технологии. Разделение пластин на кристаллы, монтаж кристаллов, в корпус. Измерение параметров. Методы испытаний.

11. Способы изоляции компоненты интегральных схем. Изоляция обратным смещённым р-п-переходом. Изоляция тонкой пленкой диэлектрика. Методы полной диэлектрической изоляции. Достоинства и недостатки полной диэлектрической изоляции компонентов интегральных схем.

12. Универсальные параметры интегральных схем. Критерий Джонсона, критерий качества, степень интеграции.

Технология изготовления гибридных микросхем

1. Основные технологические процессы, применяемые при изготовлении гибридных микросхем (ГИС). Активные и пассивные компоненты ГИС,

2. Подложки для гибридных интегральных схем. Классификация. Особенности технологии изготовления подложки.

3. Резисторы. Особенности конструкции. Технология изготовления резисторов ГИС.

4. Конденсаторы. Особенности конструкции. Технология изготовления конденсаторов ГИС.

5. Индуктивные элементы ГИС. Конструкция, особенности технологии изготовления.

6. Многослойная коммутация в ГИС. Особенность технологии создания межслойных соединений.

7. Гибридные интегральные схемы на полиамидном носителе. Особенности конструкции и технологии изготовления.

8. Методы межоперационного контроля и технологии ГИС.

Интегральная схемотехника

Активные и пассивные компоненты интегральной схемотехники

1. Электронно-дырочный переход. Классификация р-п-переходов. Ширина области объемного заряда. Вольт-амперная характеристика р-п-перехода. Пробой р-п-перехода.

2. Полупроводниковые диоды. Прямая и обратная характеристика реального диода. Переходные характеристики диодов. Высокочастотные диоды. Лавинно-пролетные, туннельные диоды, стабилитроны. Диоды Ганна и Шоттки.

3. Биполярные транзисторы. Основные процессы в плоскостном транзисторе. Статические характеристики. Схемы включения транзисторов. Статические и динамические параметры. Эквивалентная схема транзистора. Дрейфовые транзисторы.

4. Униполярные (полевые) транзисторы. Принципы действия МДП транзистора. Параметры и характеристики полевых транзисторов. МНОП



ПРОГРАММА

ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ «ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ, МИКРО – И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, ПРИБОРЫ НА КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТАХ»

транзисторы.

5. Пассивные компоненты интегральной схемотехники. Диффузионные конденсаторы. ТКЕ. Диффузионные резисторы. ТКС. Микрополосковые СВЧ структуры. Распределение РС-структуры.

6. Большие цифровые интегральные схемы (БИС). Схемотехнические и конструктивно-технологические проблемы. Повышение степени интеграции интегральных микросхем. Физические ограничения на размер компонентов. Проблема межсоединений. Избирательные и фиксированные межсоединения. Проблема контроля БИС и оценка их надежности.

7. Гибридные интегральные схемы. Классификация по функциональному назначению. Многокристальные гибридные большие интегральные схемы.

8. Активные элементы СВЧ схем. Биполярные и полярные СВЧ транзисторы. Полупроводниковые СВЧ диоды: детекторы, смесители, параметрические, множительные, переключательные и ограничительные, туннельные и обращенные диоды, диоды Ганна и лавинно-пролетные диоды.

9. Гибридные и монокристалльные СВЧ интегральные схемы. СВЧ малошумящие усилители, усилители мощности, фазовращатели, фазовые модуляторы, смесители, переключатели, аттенюаторы, микрополосковые СВЧ фильтры, СВЧ фильтры на диэлектрических резонаторах.

10. Функциональные полупроводниковые интегральные схемы ПЗС, инжекционная логика, схемы ИК диапазона.

3. Аналоговые интегральные микросхемы

1. Специфические особенности и классификация аналоговых микросхем.

2. Основные элементы аналоговых микросхем. Источники тока. Источники напряжения. Дифференциальный каскад. Схемы сдвига уровня. Схемы на составных транзисторах. Каскадные схемы. Входные каскады. Выходные каскады.

3. Дифференциальные и операционные усилители (ОУ). Структура ОУ. Основные параметры и характеристики ОУ. Обратные связи и устойчивость ОУ. Цепи частотной компенсации.

4. ОУ как многофункциональные микроэлектронные элементы. Инвертирующий и неинвертирующий усилители. Логарифмирующий усилитель. Интегратор. Дифференциатор. Логарифмический множитель.

5. Частотно-избирательные микросхемы. Гибридные частотно-избирательные микросхемы. Линейные активные фильтры. Гиратор как эквивалент индуктивности. Транзисторные эквиваленты индуктивности. Схемы фазовой автоподстройки и их реализации в виде микросхем.

6. Микросхемы аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей (АЦП и ЦАП).

7. Специализированные аналоговые микросхемы. Компараторы.



Стабилизаторы. Усилители мощности. Аналоговые умножители. Балансовые модуляторы, и их применение.

4. Цифровые интегральные микросхемы

1. Специфические особенности и классификация цифровых интегральных микросхем.

2. Электронные ключи как основные элементы цифровых микросхем. Дiodные ключи. Простейшие ключи на транзисторах.

3. Основные законы алгебры логики. Способы представления логических функций. Методы минимизации логических функций. Выполнение арифметических операций, функционально-полные системы логических элементов.

4. Номенклатура цифровых микросхем. Основные параметры и характеристики цифровых микросхем.

5. Основные типы логических элементов на биполярных транзисторах. Транзисторные логические элементы с резистивной и резистивно-емкостной связью (РТЛ и РЕТЛ). Дiodно-транзисторные логические элементы (ДТЛ).

6. Транзисторно-транзисторные логические элементы (ТТЛ), эмиттерно-связанные логические элементы (ЭСЛ). Логические элементы с инжекционным питанием (ИЗЛ). Сравнительная оценка логических элементов на биполярных транзисторах.

7. Основные типы логических элементов на МДП-транзисторах с одинаковыми и дополняющими типами проводимости.

8. Интегральные триггеры, принципы построения и основные характеристики. Классификация и структура триггеров.

9. Комбинационные цифровые микросхемы. Дешифраторы. Преобразователи кодов. Сумматоры.

10. Последовательностные цифровые интегральные микросхемы. Регистры. Счетчики.

11. Запоминающие устройства (ЗУ). Классификация ЗУ и их основные параметры. Основные функциональные элементы ЗУ: накопители, схемы выборки, формирователи сигналов. Оперативные ЗУ: на биполярных и МДП-транзисторах. Статические и статично-динамические ЗУ, их организация и структуры. Основные типы запоминающих элементов (ЗЭ).

12. Динамические ЗУ, их организация и структура. Основные типы динамических ЗУ. Постоянные ЗУ (ПЗУ). Программируемые ПЗУ (ППЗУ). Программируемые логические матрицы. Большие цифровые интегральные схемы (БИС) на основе цилиндрических магнитных доменов.

13. Современные направления развития цифровых БИС.



5. Оптоэлектронные, акустоэлектронные и криоэлектронные приборы и интегральные схемы

1. Оптоэлектроника, цели, задачи и место в микроэлектронной технике. Элементы оптоэлектроники. Элементарные оптоэлектронные схемы.
2. Приемники излучения. Основные свойства. Пленочные приемники излучения.
3. Источники света. Основные свойства. Пленочные источники света.
4. Системы отображения информации. Классификация по физическим принципам работы, основные требования, предъявляемые к таким системам.
5. Акустоэлектроника. Цели и задачи. Пассивные и активные элементы акустоэлектроники. Пьезоэлектрические резонаторы. Эквивалентная схема. Температурный коэффициент частоты. Захват энергии в пьезоэлектрических резонаторах. Интегральные монолитные фильтры.
6. Приборы на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Возбуждение поверхностных волн. Полосковые фильтры и резонаторы на ПАВ.
7. Акустоэлектронный усилитель. Воздействие ультразвука с потоком носителей, усиление ультразвука. Возбуждение гиперзвуковых волн в твердых телах. Потери преобразования. Акустооптическое устройство. Дифракция света на ультразвуке.
8. Криоэлектроника, цели, задачи и место в микроэлектронике, Пленочный криотрон, криоэлектронные интегральные схемы на основе эффекта Джозефсона и явлений в охлажденных полупроводниках.
9. Криоэлектронные приемники излучений СВЧ и ИК диапазонов.
10. Охлаждаемые параметрические усилители, смесители и детекторы. Сверхпроводящие резонаторы и фильтры. Криоэлектронные запоминающие устройства.
11. Методы охлаждения микроэлектронных устройств.

II. Требования к уровню подготовки поступающего

Поступающий должен знать/понимать:

- современное состояние в области физики, схемотехники, технологии, моделирования, измерения характеристик, испытаний современных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры);
- общие сведения об интегральных схемах (ИС). Классификацию ИС по их функциональным признакам, технологии изготовления. Общие проблемы, этапы проектирования и технологические методы изготовления ИС;
- понимать физические принципы работы новых и традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах.

**ПРОГРАММА**

ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ «ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ, МИКРО – И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, ПРИБОРЫ НА КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТАХ»

- понимать вопросы качества, долговечности, надежности и стойкости к внешним воздействующим факторам, а также вопросы эффективного применения.

Поступающий должен уметь:

- владеть современными методами расчета и проектирования нано- и микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники;

- применять современные технологические процессы и технологическое оборудование на этапах разработки и производства нано- и микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники;

- идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере физики, проектирования, технологии изготовления и применения нано- и микроэлектронных приборов и устройств;

- разрабатывать модели исследуемых процессов, материалов, элементов, приборов, устройств твердотельной электроники и микроэлектронной техники.

Применительно к цифровым и аналоговым ИС проектируемым по нано- и субмикронным проектным нормам, должен уметь:

- разрабатывать комбинационные и последовательностные устройства в базисе цифровых ИС с использованием ручных и машинных методов минимизации;

- строить технологические маршруты изготовления ИС;

- разрабатывать функциональные модели цифровых устройств с использованием высокоуровневых языков описания аппаратных средств Verilog/VHDL;

- разрабатывать топологию ИС с использованием различных конструктивно-технологических проектных норм;

- использовать САПР для логического, схемотехнического и топологического проектирования цифровых интегральных схем.

III. Примерный вариант задания

Поступающий получает 3 (три) вопроса, на которые он должен максимально расширенно письменно ответить. Вопросы выбираются заведующим кафедрой и предполагаемым научным руководителем из трех блоков наиболее близких к предполагаемой теме диссертации. При этом из каждого блока, по специализации поступающего выбирается по два вопроса. Например, предполагаемая тема исследований посвящена проектированию заказных цифровых БИС по субмикронным проектным нормам. Обязательным являются вопросы из первого блока и из блока непосредственно связанного с темой диссертации.

**Вопросы из первого блока**

Вопрос № 1. Строение твердого тела. Строение атома. Кристаллическая решетка, кристаллы, твердые тела. Колебания кристаллической решетки, акустические и оптические фононы. Теплоемкость и теплопроводность твердых тел. Температура Дебая.

Вопрос № 2. Основы зонной теории твердых тел. Электрон в периодическом поле. Уравнение Шредингера для электрона в кристалле. Энергетический спектр электрона в кристалле. Зоны Бриллюэна. Диэлектрики, полупроводники, металлы.

Вопросы из второго блока

Вопрос № 3. Диффузия примесей в кремнии. Закон Фика. Уравнение диффузии и его основные решения. Методы осуществления диффузии в планарной технологии. Локальная диффузия. Диффузия при наличии отраженной полупроводниковой границы.

Вопрос № 4. Литография. Фотолитография. Электронно-лучевая и рентгеновская литография. Фоторезисты, процессы, протекающие при их обработке. Особенности фотолитографии планарных приборов.

Вопросы из третьего блока

Вопрос № 5. Основные законы алгебры логики. Способы представления логических функций. Методы минимизации логических функций. Выполнение арифметических операций, функционально-полные системы логических элементов.

Вопрос № 6. Номенклатура цифровых микросхем. Основные параметры и характеристики цифровых микросхем.

IV. Критерии оценивания работ поступающих

Оценивание ответов на каждый вопрос осуществляется по 5-балльной шкале в зависимости от правильности и развернутости (углубленности) ответа. После ответов на все вопросы определяется среднее арифметическое, округленное в большую или меньшую сторону по правилам математики.

V. Рекомендуемая литература*Основная литература*

1. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников М. 1990.
2. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела М. 1985.
3. Шалимова К.В. Физика полупроводников. Учебник для вузов. Лань. 2010.
4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. Лань. 2009.
5. Зи С. Физика полупроводниковых приборов Кн.1 М. 1984.
6. Зи С. Физика полупроводниковых приборов Кн.2 М. 1984.
7. Маллер Р., Кейминс Т. Элементы интегральных схем М. 1989.



ПРОГРАММА

ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ «ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ, МИКРО – И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, ПРИБОРЫ НА КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТАХ»

8. Тугов Н.М., Глебов Б.А., Чарыков Н.А. Полупроводниковые приборы М. 1990.
9. Березин А.С., Мочалкина О.П. Технология и конструирование интегральных микросхем М. 1983.
10. Пономарев М.Ф., Коноплев Б.Г. Конструирование и расчет микросхем и микропроцессоров М. 1986.
11. Тилл У., Лаксон Д. Интегральные схемы: Материалы, приборы, изготовление М. 1985.
12. Под ред. С. Зи Технология СБИС Кн.1 В 2-х кн. М. 1986.
13. Под ред. С. Зи Технология СБИС Кн.2 В 2-х кн. М. 1986.
14. Прянишников В.А. Электроника: Полный курс лекций. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб.: Учитель и ученик: КОРОНА принт, 2003. – 416 с.
15. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника / Е.П. Угрюмов. СПб.: БХВ, 2004. - 528 с.
16. Петров М.Н., Гудков Г.В. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем. Изд-во Лань. 1-е изд., 2011. 464 с.

Дополнительная литература

1. Уилкинсон Б. Основы проектирования цифровых схем: пер. с англ. / Б. Уилкинсон. М.: Издательский дом Вильямс, 2004. - 320 с.
2. Джон Ф. Уэйкерли. Проектирование цифровых устройств: пер. с англ. / Уэйкерли Ф. Джон. М.: Постмаркет, 2002. - 533 с.
3. Жан М. Рабаи, Ананта Чандракасан, Боривож Николич. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования. М.: Вильямс, 2007. - 911 с.
4. Максфилд К. Проектирование на ПЛИС: курс молодого бойца: пер. с англ. / К. Максфилд. М.: Издательский дом Додэка XXI, 2007. - 408 с.
5. Крерафт Д. Аналоговая электроника. Схемы, системы, обработка сигнала. / Д. Крерафт, С. Джерджили. М.: Техносфера, 2005. 360 с.
6. Джонс М.Х. Электроника – практический курс / М.Х. Джонс. М: Постмаркет, 1999. 528 с. Аналого-цифровое преобразование / под ред. У. Кестера. М.: Техносфера, 2007. 1016 с.
7. Наундорф Уве. Аналоговая электроника. Основы, расчет, моделирование / У. Наундорф. М.: Техносфера, 2008. 472 с.
8. Токхейм Р. Основы цифровой электроники: пер. с англ. / Р. Токхейм. М.: Мир, 1988. 392 с.

Справочная и нормативная литература

1. Университетский исследовательский центр при МИЭТ. Сервер НПК “Технологический центр МИЭТ” <http://www.asic.ru>.
2. Официальный центр обучения фирмы Altera в России, на базе кафедры Автоматики и Вычислительной Техники (СПбГПУ) <http://www.altera.ru>
4. МИРЭА «Центр проектирования интегральных схем, устройств нанoeлектроники и микросистем» <http://www.edamc.mirea.ru/>



ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ

ПРОГРАММА

**ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ
ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ
«ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ,
МИКРО – И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, ПРИБОРЫ НА КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТАХ»**

5. Электронные версии журнала “Chip News”: <http://www.chipnews.ru>.
6. Электронные версии журнала “Компоненты и технология”:
<http://www.compitech.ru>.
7. Портал для аспирантов “Аспирантура” <http://www.aspirantura.spb.ru>