

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



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
физики полупроводников и микроэлектроники  
факультет (Е.Н.Бормонтов)

01.06.2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФТД.01 Элементная база ультрабольших интегральных схем**  
*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

1. Шифр и наименование направления подготовки: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
2. Профиль подготовки/специализации: Интегральная электроника и наноэлектроника
3. Квалификация (степень) выпускника: магистр
4. Форма образования: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: физики  
полупроводников и микроэлектроники
6. Составители программы: Богатилов Е.В., кандидат физико-математических наук
7. Рекомендована: НМС физического факультета ВГУ  
протокол № 5 от 25.05.2023  
*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)*
8. Учебный год: 2023-2024 Семестр(-ы): 2

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** формирование у студентов комплекса знаний в области физических основ микроэлектроники, необходимых для решения проблем исследования, конструирования, изготовления и применения электронных устройств со сверхвысокой и ультравысокой степенями интеграции.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина «Элементная база ультрабольших интегральных схем» относится к факультативным дисциплинам и формирует у студентов знания и умения, полезные для выполнения курсовых и дипломных работ. Дисциплина формирует у студентов комплекса знаний в области физических основ микроэлектроники, необходимых для решения проблем исследования, конструирования, изготовления и применения электронных устройств со сверхвысокой и ультравысокой степенями интеграции.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных и профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций С/02.7 «Расчёт, моделирование и трассировка отдельных частей изделий «система в корпусе»» профессионального стандарта 29.006 «Специалист по проектированию систем в корпусе» и Е/05.7 «Моделирование и анализ результатов моделирования отдельных аналоговых блоков и аналоговой части в целом» профессионального стандарта 40.016 «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле».

Знания, полученные при освоении дисциплины «Исследование и диагностика микро- и наноструктур», необходимы при выполнении научно-исследовательских работ и магистерской выпускной квалификационной работы в области микро- и наноэлектроники.

ПК-2.2

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

Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	ПК-2.2	Формулирует технологические, технические условия и ограничения на процесс производства изделий «система в корпусе»	Знать:- тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники; - принципы проектирования СБИС, программно-аппаратные средства разработки, используемые для устройств на основе ПЛИС Уметь: производить выбор языков описания аппаратуры и стилей описания цифровых блоков, а также выбор средств описания поведенческих моделей аналоговых блоков

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.**

**Форма промежуточной аттестации зачет**

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		2 семестр
Аудиторные занятия	30	30
в том числе: лекции	30	30
Самостоятельная работа	42	42
Форма промежуточной аттестации – зачет	Зачет	Зачет
Итого:	72	72

**13.1. Содержание разделов дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>Лекции</b>		
1	Введение. Современное состояние микроэлектроники в мире и в России	Основные термины и определения. Анализ современного состояния микроэлектроники в мире. Обсуждение стратегии развития электронной промышленности России
2	Биполярные транзисторы для УБИС с малыми размерами элементов	Основные представления. Структуры. Внутренняя структура. Одномерная модель структуры внутреннего транзистора. Одномерный анализ n-p-n структуры. Эффекты, связанные с двумерностью и трехмерностью. Паразитные эффекты
3	МОП транзисторы для УБИС с малыми размерами элементов	Короткоканальные ограничения кремниевой технологии в производстве МОП УБИС. Основные приемы их снижения: создание «ореола» и «кармашек», ретроградное распределение примеси по вертикали, создание сверхмелких областей стока и истока и др. Технологии «кремний-на-изоляторе», «кремний-ни-на-чем», МОПТ с динамическим изменением порогового напряжения. Применение механически напряженного и полностью обедненного кремния. МОПТ с двойным и окольцовывающим затвором. МОПТ с вертикальным затвором
4	Полевые транзисторы с управляющим переходом металл-полупроводник (МеП).	Контакт Ме-п/п. Эффект Шотки. Теории процессов переноса зарядов через контакт Ме-п/п. Структуры МеП транзисторов. Принципы работы. Разновидности. МеП тетроды. Уменьшение размеров. Современный уровень технологии. Логические схемы на МеП транзисторах
5	Гетероструктурные полевые транзисторы (ГМеП)	Гетеропереход. Энергетические диаграммы. Двумерный электронный газ. Полевые транзисторы на гетероструктурах $Al_xGa_{1-x}As-GaAs$ . Принцип работы. ВАХ нормально открытых и нормально закрытых транзисторов. Варианты структур. Псевдоморфные и метаморфные ГМеП. Улучшение характеристик за счет использования соединений $InGaAs$ , $InAlAs$ , $InPn$ и др. Сравнительные характеристики гомоструктурных и гетероструктурных транзисторов
6	Гетероструктурные биполярные транзисторы (ГБТ)	Физика работы ГБТ. Модификации. ГБТ на основе $GaAs - Al_xGa_{1-x}As$ . Гетерозмиттер. Суперинжекция в ГБТ. Особенности характеристик ГБТ на $GaInAs/IP$ , $InGaAs/AlGaAs$ . ГБТ транзисторы на основе Si-Ge технологии. Достоинство ГБТ
7	Пассивные элементы УБИС	Линии передачи. Расчет и согласование линий передач. Выводы межсоединения. Правило Рента Длина соединений. Переключения с высокими скоростями. Передача сигнала за пределы кристалла. Способы осуществления соединений: многослойные, оптические. Понятия о фильтрах

8	Ограничения минимальных размеров быстродействия и степени интеграции УБИС	Технологические и физические ограничения минимальных размеров, быстродействия, степени интеграции и надежности. Ограничения, обусловленные разогревом чипа
---	---	--

### 13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)		
		Лекции	Сам. работа	Всего
1	Введение. Современное состояние микроэлектроники в мире и в России	2	2	4
2	Биполярные транзисторы для УБИС с малыми размерами элементов	4	8	12
3	МОП транзисторы для УБИС с малыми размерами элементов	4	8	12
4	Полевые транзисторы с управляющим переходом металл-полупроводник (МеП)	4	8	12
5	Гетероструктурные полевые транзисторы (ГМеП)	4	4	8
6	Гетероструктурные полевые транзисторы (ГМеП)	4	4	8
7	Пассивные элементы УБИС	4	6	10
8	Ограничения минимальных размеров быстродействия и степени интеграции УБИС	4	2	6
	Итого:	30	42	72

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

Изучение дисциплины «Элементная база ультрабольших интегральных схем» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Дисциплина «Элементная база ультрабольших интегральных схем» может реализоваться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, 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.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались учащиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

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).

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии (по образовательным формам): лекции и индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ-демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. 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 сосредоточить 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 вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, 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 выделить 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 незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;

- записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента-магистра.

Самостоятельная работа студента-магистра при изучении дисциплины «Элементарная база ультрабольших интегральных схем» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы, подготовку к зачету.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Драгунов, В. П. Микро- и наноэлектроника : учебное пособие : [16+] / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 38 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=228941">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=228941</a> – ISBN 978-5-7782-2095-9. – Текст : электронный.
2.	Чаплыгин, Ю. А. Нанотехнологии в электронике / Ю.А. Чаплыгин .— Москва : Техносфера, 2015 .— 479 с. — <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> .— ISBN 978-5-94836-422-3 .— <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=468348">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=468348</a> >.
3.	Дыбко, М. А. Цифровая микроэлектроника : учебное пособие : [16+] / М. А. Дыбко, А. В. Удовиченко, А. Г. Волков ; Новосибирский государственный технический университет. –

	Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 200 с. : граф., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=573770">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=573770</a> – Библиогр.: с. 169-170. – ISBN 978-5-7782-3834-3. – Текст : электронный.
4.	Пасынков, Владимир Васильевич. Полупроводниковые приборы : Учебник для вузов / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин .— 6-е изд., стер. — СПб. : Лань, 2002 .— 478 с. [30]

## б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5.	Степаненко, Игорь Павлович. Основы микроэлектроники : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Полупроводники и диэлектрики" и "Полупроводниковые и микроэлектронные приборы" / И.П. Степаненко .— М. : Советское радио, 1980 .— 423 с. [15]
6.	Ланге П.К. Современная микросхемотехника : лабораторный практикум / Ланге П.К.. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. — 176 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/91798.html">http://www.iprbookshop.ru/91798.html</a>
7.	Суханова, Н. В. Основы электроники и цифровой схемотехники : учебное пособие / Н. В. Суханова. — Воронеж : ВГУИТ, 2017. — 95 с. — ISBN 978-5-00032-226-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/106780">https://e.lanbook.com/book/106780</a>

## в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
8.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – Зональная научная библиотека ВГУ
9.	<a href="http://www.moodle.vsu.ru">http://www.moodle.vsu.ru</a>
10.	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> – ЭБС «Лань»
11.	<a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a> – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
12.	<a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a> – ЭБС «IPRbooks»
13.	<a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека

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

№ п/п	Источник
1.	Белоус, А. И. Основы проектирования субмикронных микросхем : пособие для абитуриентов : [16+] / А. И. Белоус, Г. Я. Красников, В. А. Солодуха. – Москва : Техносфера, 2020. – 782 с. : схем., ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=617524">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=617524</a> – ISBN 978-5-94836-603-6. – Текст : электронный.
2.	Смычѐк, М. А. Технологические процессы в микро- и наноэлектронике : учебное пособие : [16+] / М. А. Смычѐк. – 2-е изд. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 401 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=564837">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=564837</a> – Библиогр.: с. 387 - 398. – ISBN 978-5-9729-0338-2. – Текст : электронный.

### 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др.)

### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и практических занятий - мультимедийный кабинет кафедры ФППиМЭ: стационарный мультимедийный проектор Acer X125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт.; Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019

Аудитория для самостоятельной работы студентов: Сервер 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 и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ; Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019

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 (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение. Современное состояние микроэлектроники в мире и в России	ПК-2	ПК-2.2	Опрос
2.	Биполярные транзисторы для УБИС с малыми размерами элементов	ПК-2	ПК-2.2	Опрос
3.	МОП-транзисторы для УБИС с малыми размерами элементов	ПК-2	ПК-2.2	Опрос
4.	Полевые транзисторы с управляющим переходом металл-полупроводник (MeП).	ПК-2	ПК-2.2	Опрос
	Гетероструктурные полевые транзисторы (ГMeП)	ПК-2	ПК-2.2	Опрос
	Гетероструктурные биполярные транзисторы (ГБТ)	ПК-2	ПК-2.2	Опрос



	Пассивные элементы УБИС	ПК-2	ПК-2.2	Опрос
	Ограничения минимальных размеров быстродействия и степени интеграции УБИС	ПК-2	ПК-2.2	Опрос
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: отчеты о выполнении практических заданий.

#### Перечень вопросов по курсу

1. Стратегия развития электронной промышленности России на период до 2015 года
2. Биполярные транзисторы для УБИС с малыми размерами элементов. Основные представления. Структуры. Внутренняя структура.
3. Биполярные транзисторы для УБИС с малыми размерами элементов. Одномерная модель структуры внутреннего транзистора. Одномерный анализ n-p-n структуры.
4. Биполярные транзисторы для УБИС с малыми размерами элементов. Эффекты, связанные с двумерностью и трехмерностью. Паразитные эффекты.
5. МОП транзисторы для УБИС с малыми размерами элементов. Короткоканальные ограничения кремниевой технологии в производстве МОП УБИС.
6. Основные приемы снижения короткоканальных эффектов МОП транзисторов для УБИС с малыми размерами элементов.
7. Технологии МОПТ «кремний-на-изоляторе», «кремний-ни-на-чем».
8. МОПТ с динамическим изменением порогового напряжения. Применение механически напряженного и полностью обедненного кремния.
9. МОПТ с двойным и окольцовывающим затвором. МОПТ с вертикальным затвором.
10. Полевые транзисторы с управляющим переходом металл-полупроводник (МеП). Гетеропереход. Энергетические диаграммы. Двумерный электронный газ.
11. Полевые транзисторы на гетероструктурах  $Al_xGa_{1-x}As-GaAs$ . Принцип работы. ВАХ нормально открытых и нормально закрытых транзисторов. Варианты структур.
12. Псевдоморфные и метаморфные ГМеП. Улучшение характеристик за счет использования соединений  $InGaAs$ ,  $InAlAs$ ,  $InPn$  и др.
13. Сравнительные характеристики гомоструктурных и гетероструктурных транзисторов
14. Физика работы ГБТ. Модификации. ГБТ на основе  $GaAs - Al_xGa_{1-x}As$ . Гетероэммиттер. Суперинжекция в ГБТ.
15. Особенности характеристик ГБТ на  $GaInAs/IP$ ,  $InGaAs/AlGaAs$ .
16. ГБТ транзисторы на основе Si-Ge технологии. Достоинство ГБТ
17. Пассивные элементы УБИС. Линии передачи. Расчет и согласование линий передач.
18. Пассивные элементы УБИС. Выводы межсоединения. Правило Рента Длина соединений.
19. Пассивные элементы УБИС. Переключения с высокими скоростями. Передача сигнала за пределы кристалла.

20. Пассивные элементы УБИС. Способы осуществления соединений: многослойные, оптические.
21. Технологические и физические ограничения минимальных размеров, быстродействия, степени интеграции и надежности. Ограничения, обусловленные разогревом чипа

## 20.2 Промежуточная аттестация

### Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет. В приложение к диплому вносится оценка *зачтено*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Элементная база ультрабольших интегральных схем» осуществляется по следующим показателям:

- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Зачтено	. При защите даны удовлетворительные ответы на более чем 50% вопросов по вопросам курса.
Незачтено	При защите даны неудовлетворительные ответы на более чем 50% вопросов по вопросам курса.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Элементная база ультрабольших интегральных схем» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *зачтено*.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.