

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра физики твердого тела и микроэлектроники

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРОВ
МИКРО - И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ**

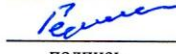
Дисциплина (модуль) по направлению подготовки
11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность: Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и
наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

СОГЛАСОВАНО

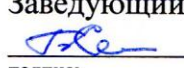
Начальник УАО


подпись И.О.Фамилия
16 мая 2018 г.
число месяц

Разработал
к.т.н., проф.


подпись И.О.Фамилия
16 мая 2018 г.
число месяц

Принято на заседании кафедры ФТТМ
Протокол № 8 от 16 мая 2018 г.

Заведующий кафедрой ФТТМ

подпись И.О.Фамилия
16 мая 2018 г.
число месяц

Паспорт фонда оценочных средств
по дисциплине «Проектирование и технология современных приборов микро- и
наноэлектроники»
для направления подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи
Направленность: Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и
наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

Модуль, раздел (в соответствии с РП)	ФОС		Контролируемые компетенции (или их части)
	Вид оценочного средства	Количество вариантов заданий	
1.1 Эволюция развития интегральной технологии	практическое задания	по кол-ву аспирантов	УК-6, ПК-2(У2), ПК-4(32), ПК-4(У1), ПК-4(У4)
	опрос		
1.2 Основные прорывные технологии при создании КМОП ИС за последние 15 лет	практические задания	по кол-ву аспирантов	УК-6, ПК-2(33), ПК-2(У2), ПК-2(У3), ПК-3(У3)
	опрос		
	реферат		
2.1 Суть имитационного моделирования	практические задания	по кол-ву аспирантов	ОПК-1, ПК-1 (32,33), ПК-2(У4), ПК-2(В2), ПК-3(У2), ПК-4(33), ПК-4(У2), ПК-4(У3), ПК-4(В2,В3)
	опрос		
2.2 Иерархия СБИС. Системы автоматизированного проектирования СБИС и СНК	практические задания	по кол-ву аспирантов	УК-6, ОПК-1, ПК-1(32), ПК-2(33), ПК-2(У4), ПК-2(В2), ПК-3(У2), ПК-4(33), ПК-4(У3), ПК-4(В3)
	опрос		
	реферат		
Зачет	вопросы		УК-6, ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4

Характеристика оценочного средства

1 Практическое задание

Раздел 1, тема № 1 Эволюция развития интегральной технологии

Перечислите основные задачи, решаемые в процессе развития микроэлектроники. Прокомментируйте комплекс средств, обеспечивающих рост функциональных возможностей микроэлектроники.

Поясните смысл закона Мура и дайте оценку его влияния на развитие микроэлектроники.

Перечислите средства интеграции, используемых на разных уровнях проектирования ИС: технологическом, компонентном, схемотехническом, системотехническом и системном.

Поясните сущность технологии масштабирования. В чем разница между полным и неполным вариантами масштабирования? Каков прогнозируемый предел топологической нормы?

Какова цена технологических инноваций? Перечислите причины роста стоимости технологии. Проиллюстрируйте динамику роста издержек на производство и проектирование.

Параметры оценочного средства

Предел длительности контроля	30 минут
Предлагаемое количество вопросов из одного контролируемого раздела	5
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	случайная
Требования к практическому заданию:	- оценки средств интеграции; - оценки предела топологической нормы; - оценки перспектив развития электронной компонентной базы
Планируемый индикатор достижения результата обучения (освоения компетенции)	УК-6, ПК-2(У2), ПК-4 (32), ПК-4 (У1), ПК-4(У4)
«0-49%», меньше 7 баллов, если не участвует в работе или неправильно отвечает на вопрос	Не достигнут;
«50-69%», 8 – 12 баллов, если пытается отвечать на вопрос, но допускает ошибки при ответе	Достигнут на среднем уровне;
«70-89%», 11 – 13 баллов, если отвечает на поставленный вопрос, но испытывает незначительные затруднения при ответе	Достигнут на уровне выше среднего;
«90-100%», 14 – 15 баллов, если дает полный и аргументированный ответ	Достигнут полностью;

Раздел 1, тема № 2 Основные прорывные технологии при создании КМОП ИС за последние 15 лет

Особенности реализации шин металлизации на базе меди. Графен - как возможная альтернатива будущей замене медных проводников.

Объясните проблемы и конкурентные преимущества технологии изготовления структур кремний на диэлектрике.

Поясните смысл термина «напряженный» кремний. Прокомментируйте достоинства и особенности реализации этой технологии для МОП транзисторов с каналами n- и p-типов.

Объясните назначение и особенности технологии изготовления защитного диэлектрика с низким значением ϵ (Low-K).

Докажите необходимость перехода к наращиванию подзатворного диэлектрика с высокой диэлектрической проницаемостью (High-K). Перечислите типы, используемых High-K диэлектриков и приведите примеры технологии их изготовления.

Особенности использования в КМОП технологии сплавов SiGe. Перечислите дополнительные плюсы данной технологии с точки зрения возможности применения для формирования аналоговых и RF блоков.

Обоснуйте необходимость применения на литографии двух и четырех шаблонов. Перечислите проблемы реализации 13 нм EUV литографии.

Причины замены двумерных МОП транзисторов (MOSFET) на трехмерные (FinFET), содержащие несколько каналов. Почему FinFET транзисторы эффективны для реализации систем на кристалле (SOC). Перечислите проблемы моделирования FinFET транзисторов.

Объясните причины сокращения числа компаний, имеющих собственную технологическую базу. Перечислите наиболее значимые современные фабрики по производству полупроводниковых чипов.

Параметры оценочного средства

Предел длительности контроля	25 минут
Предлагаемое количество вопросов из одного контролируемого раздела	9
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	случайная
Требования к практическому заданию:	- оценка характеристик биполярных гетероэпитаксиальных транзисторов на базе сплава SiGe; - обоснование использования в КМОП технологии напряженного кремния; - оценка перспектив использования FinFET транзисторов в качестве электронной компонентной базы для СНК
Планируемый индикатор достижения результата обучения (освоения компетенции)	УК-6, ПК-2(33), ПК-2(У2), ПК-2(У3), ПК-3(У3)
«0-49%», меньше 7 баллов, если не участвует в работе или неправильно отвечает на вопрос	Не достигнут;
«50-69%», 8 – 12 баллов, если пытается отвечать на вопрос, но допускает ошибки при ответе	Достигнут на среднем уровне;

«70-89%», 11 – 13 баллов, если отвечает на поставленный вопрос, но испытывает незначительные затруднения при ответе	Достигнут на уровне выше среднего;
«90-100%», 14 – 15 баллов, если дает полный и аргументированный ответ	Достигнут полностью;

Раздел 2, тема № 1 Суть имитационного моделирования

Дайте определение базовых концепций построения современных САПР микро- и нанoeлектроники. Приведите примеры задач, решаемых с помощью имитационного моделирования. Поясните виды моделирования и соответствующие им примитивы. Объясните назначение уровней проектирования СБИС.

Укажите разновидности иерархического проектирования. Объясните сущность системного подхода и сформулируйте основные понятия общей теории систем.

Сформулируйте задачи анализа и синтеза объекта. В чем заключается процедура оптимизации качества проектируемого объекта.

Дайте определение модели. Приведите общую классификацию моделей. Поясните назначение и сущность различных типов моделей, включая: статические и динамические, распределенные, сосредоточенные и информационные.

Перечислите задачи, решаемые в процессе схемотехнического моделирования СБИС.

Задача: Рассчитать пороговое напряжение n -канального МДП-транзистора с поликремниевым затвором n^+ -типа, имеющего параметры:

длина канала $L = 5$ мкм;

ширина канала $w = 5$ мкм;

концентрация примеси в подложке $N_B = 10^{15} \text{ см}^{-3}$;

толщина диэлектрика (SiO_2) $d = 0,1$ мкм;

подвижность электронов в канале $\mu_n = 700 \text{ см}^2/\text{В.с}$;

плотность поверхностных состояний на границе Si-SiO₂ $N_{ss} = 10^{11} \text{ см}^{-2}$ ($Q_{ss} > 0$);

напряжение подложка-исток $V_{\text{ПИ}} = -2 \text{ В}$.

В каких случаях транзистор называют со встроенным или индуцированным каналом. Приведите методику определения порогового напряжения, уд. крутизны и коэффициента, учитывающего влияние подложки.

Параметры оценочного средства

Предел длительности контроля	25 минут
Предлагаемое количество вопросов из одного контролируемого раздела	7
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	случайная
Требования к практическому заданию:	- сведения о структуре и топологии МОП транзисторов; - оценки статических характеристик компактной модели МОП транзисторов уровня Level 1; - численные оценки параметров МОП транзисторов
Планируемый индикатор достижения результата обучения (освоения компетенции)	ОПК-1, ПК-1 (З2,З3), ПК-2(У4), ПК-2(В2), ПК-3(У2), ПК-4(З3), ПК-4(У2), ПК-4(У3), ПК-4(В2,В3)

«0-49%», меньше 7 баллов, если не участвует в работе или неправильно отвечает на вопрос	Не достигнут;
«50-69%», 8 – 12 баллов, если пытается отвечать на вопрос, но допускает ошибки при ответе	Достигнут на среднем уровне;
«70-89%», 11 – 13 баллов, если отвечает на поставленный вопрос, но испытывает незначительные затруднения при ответе	Достигнут на уровне выше среднего;
«90-100%», 14 – 15 баллов, если дает полный и аргументированный ответ	Достигнут полностью;

Раздел 2, тема № 2 Иерархия СБИС. Системы автоматизированного проектирования СБИС и СНК

Что понимается под термином проектирование? Поясните назначение и сущность принципа декомпозиции. Приведите примеры связи принципа декомпозиции с иерархическим представлением СБИС.

Обоснуйте в чем заключается проблема создания сквозной САПР микросхем. Дайте анализ плюсов и минусов реализации сквозной САПР на базе кремниевых компиляторов.

Перечислите основные уровни проектирования СБИС и СНК и дайте краткую характеристику назначения каждого из них. Отметьте особенности идеологии проектирования систем на кристалле.

Перечислите основные фирмы-производители САПР и приведите наиболее известные программные продукты, разработанные этими фирмами.

Перечислите круг задач, решаемых на этапе физического проектирования и известные вам программные продукты, используемые на данном уровне проектирования.

Дайте краткую характеристику возможностям, предоставляемым САПР Sentaurus Process для решения задач проектирования технологии производства ИС.

Объясните основные задачи, решаемые при проектировании топологии ИС. Дайте краткий анализ возможностям учебной версии САПР MicroWind на предмет процедуры автоматизированной проверки выполнения правил проектирования и трехмерной визуализации последовательности технологических операций при формировании фрагментов интегральных схем.

Выполните анализ моделей электрофизических процессов, используемых на этапе компонентного уровня проектирования. Дайте краткую характеристику возможностям, предоставляемым САПР Sentaurus Device для двух- и трехмерного моделирования компонентной базы дискретных и интегральных схем.

Прокомментируйте особенности реализации схемотехнического этапа проектирования на базе SPICE-подобных систем моделирования: PSPICE, AIM-SPICE, LTSPICE. Объясните идеологию реализации смешанного моделирования с использованием физических и компактных (SPICE) моделей компонентов ИС на базе САПР Sentaurus Device.

Поясните цель и задачи, решаемые на функционально-логическом (вентильном) этапе проектирования ИС. Отметьте особенности высокоуровневых языков описания цифровых систем VHDL и Verilog по сравнению с традиционными языками программирования (Бейсик, Паскаль и т.д.). Дайте краткую характеристику САПР Quartus II фирмы Altera. Отметьте особую роль библиотек в повышении эффективности проектирования.

Перечислите программные средства, используемые на системном этапе проектирования. Дайте характеристику средств визуального проектирования на примере

программного продукта Simulink, входящего в состав системы компьютерной математики MATLAB. В чем заключается возможность интеграции системного этапа проектирования с логическим и схемотехническим этапами?

Поясните особенности реализации маршрута проектирования для систем на кристалле. Перечислите основные фирмы, участвующие в разработке IP-модулей.

Параметры оценочного средства

Предел длительности контроля	30 минут
Предлагаемое количество вопросов из одного контролируемого раздела	12
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	случайная
Требования к практическому заданию:	- метод конечных элементов для расчета параметров физических моделей МОП транзисторов; - сравнение высокоуровневых языков описания аппаратуры VHDL и Verilog; - возможности программного продукта Simulink для выполнения системного уровня проектирования.
Планируемый индикатор достижения результата обучения (освоения компетенции)	УК-6, ОПК-1, ПК-1(32), ПК-2(33), ПК-2(У4), ПК-2(В2), ПК-3(У2), ПК-4(33), ПК-4(У3), ПК-4(В3)
«0-49%», меньше 7 баллов, если не участвует в работе или неправильно отвечает на вопрос	Не достигнут;
«50-69%», 8 – 12 баллов, если пытается отвечать на вопрос, но допускает ошибки при ответе	Достигнут на среднем уровне;
«70-89%», 11 – 13 баллов, если отвечает на поставленный вопрос, но испытывает незначительные затруднения при ответе	Достигнут на уровне выше среднего;
«90-100%», 14 – 15 баллов, если дает полный и аргументированный ответ	Достигнут полностью;

2 Опрос

Опрос обучающихся проводится на занятиях по каждой теме, всего 4 опроса. Комплект вопросов к опросу приведен в рабочей программе, приложение А.

Параметры оценочного средства (опрос)

Предел длительности контроля	10 минут
Предлагаемое количество вопросов по всем разделам	1-2
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	случайная
Требования к проведению опроса:	- самостоятельная подготовка - работа с основной и дополнительной литературой
Планируемый индикатор достижения результата обучения (освоения компетенции)	УК-6, ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4

«0-49%», 2 балла, если нет ответа на вопрос	Не достигнут;
«50-69%», 3 балла, дан ответ с ошибками	Достигнут на среднем уровне;
«70-89%», 4 балла, если ответ правильный, но есть неточности	Достигнут на уровне выше среднего;
«90-100%», 5 баллов, если дан четкий и правильный ответ	Достигнут полностью;

3 Реферат

Примерные темы рефератов приведены в рабочей программе, приложение А.

Параметры оценочного средства (опрос)

Предел длительности контроля	15 минут
Предлагаемое количество рефератов по каждому разделу	1
Последовательность выборки тем из каждого раздела	случайная
Требования к реферату:	- обозначена проблема и обоснована её актуальность, - сформулированы выводы, - тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, - даны правильные ответы на дополнительные вопросы
Планируемый индикатор достижения результата обучения (освоения компетенции)	УК-6, ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4
«0-49%», 12 баллов, если реферат не написан	Не достигнут;
«50-69%», 12 -16, балла, если имеются существенные отступления от требований к реферату и докладу	Достигнут на среднем уровне;
«70-89%», 17-21 балла, если основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты	Достигнут на уровне выше среднего;
«90-100%», 22-25 баллов, если выполнены все требования к написанию реферата и защите (доклада)	Достигнут полностью;

4 Зачет

Вопросы к зачету приведены в рабочей программе дисциплины.

Параметры оценочного средства (зачет)

Предел длительности контроля	15-20 минут на подготовку
Предлагаемое количество вопросов	2
Последовательность выборки вопросов	случайная
Требования к зачету	- самостоятельная подготовка; - работа с основной и дополнительной литературой
Планируемый индикатор достижения результата обучения (освоения компетенции)	УК-6, ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4
«0-49%», меньше 7 баллов, если не участвует в работе или неправильно отвечает на вопрос	Не достигнут;
«50-69%», 10 – 13 баллов, при ответе допущены существенные ошибки или дан ответ только на один вопрос	Достигнут на среднем уровне;
«70-89%», 14 – 17 баллов, если ответы достаточные, но были допущены неточности	Достигнут на уровне выше среднего;
«90-100%», 18 – 20 баллов, даны полные и аргументированные ответы на все вопросы	Достигнут полностью;