

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Полупроводниковые материалы и структуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Физика и технология приборов нанoeлектроники**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810d

Д.С.
Холодный

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810d

Д.С.
Холодный

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

А.З.
Славинский

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен проводить исследования материалов и изделий микро- и наноэлектроники

ИД-2 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования материалов микро- и наноэлектроники

ИД-3 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и наноэлектроники

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. «Конструктивно-технологические проблемы, возникшие при переходах с топологической (технологической) нормы 32 нм до 14 нм при изготовлении МОП полевых транзисторов». (Контрольная работа)

2. «Литография экстремального ультрафиолетового (ЭУФ) излучения». (Контрольная работа)

3. «Особенности конструктивного исполнения МОП полевых транзисторов с длиной канала порядка и менее 60 нм». (Контрольная работа)

4. «Проблемы замены материала подзатворного диэлектрика в МОП полевых транзисторах с длиной канала менее 60 нм». (Контрольная работа)

5. «Проблемы формирования затвора, областей стока и истока в МОП полевом транзисторе с субмикронными размерами» (Контрольная работа)

БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	10	12	15
1. Основные предпосылки перехода к производству цифровых УБИС на основе МОП полевых транзисторов с субмикронными и суб100-нанометровыми размерами						
(1)		+	+			
3. Эффекты « короткого канала» в МОП ПТ и методы уменьшения их влияния на характеристики приборов с субмикронными размерами						
(2)		+	+	+		

3. Проблемы формирования подзатворного диэлектрика в МОП полевом транзисторе с субмикронными размерами					
(3)		+			
4. Особенности формирования затвора субмикронных МОП ПТ					
(4)	+				
5. Методы формирования сток-истоковых областей суб100-нанометрового МОП ПТ					
(5)		+	+		+
6. Технология «кремний-ни-на-чем» (SoN), приборы с вертикальным каналом					
(6)		+	+		+
7. Приборы с высокой подвижностью электронов на гетеропереходе AlGaAs/GaAs для СВЧ диапазона					
(7)			+		
8. Особенности конструкции и технологии приборов, выполненных по топологической норме 22 нм (на примере процессоры линейки Ives Bridge компании Intel)					
(8)				+	
9. Литография экстремального ультрафиолетового излучения (ЭУФ-литография)					
(9)				+	
Вес КМ:	20	20	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-2ПК-2 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования материалов микро- и нанoeлектроники	Знать: принципы применения новых материалов и проведения технологических процессов при изготовлении элементов УБИС по топологическим нормам менее 90 нм. – основные методы проведения исследований свойств структур и материалов нанoeлектроники Уметь: выбирать перспективные материалы микро- и нанoeлектроники, использовать современные технологические процессы и операции при изготовлении приборов. на основе экспериментальных методов исследований	«Проблемы замены материала подзатворного диэлектрика в МОП полевых транзисторах с длиной канала менее 60 нм». (Контрольная работа) «Особенности конструктивного исполнения МОП полевых транзисторов с длиной канала порядка и менее 60 нм». (Контрольная работа) «Конструктивно-технологические проблемы, возникшие при переходах с топологической (технологической) нормы 32 нм до 14 нм при изготовлении МОП полевых транзисторов». (Контрольная работа) «Литография экстремального ультрафиолетового (ЭУФ) излучения». (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. «Проблемы замены материала подзатворного диэлектрика в МОП полевых транзисторах с длиной канала менее 60 нм».

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Ответы на контрольные вопросы тестового задания

Краткое содержание задания:
654

Контрольные вопросы/задания:

Знать: – основные методы проведения исследований свойств структур и материалов нанoeлектроники	1.12
Знать: основные области применения элементов СБИС на основе МОП-структур в современных приборах микро- и нанoeлектроники	1.13

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Подробные и исчерпывающие ответы на вопросы контрольного мероприятия. Допускаются в ответах незначительные неточности, не влияющие на правильность ответов

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: При ответе на вопросы контрольного мероприятия допускаются незначительные ошибки, не влияющие на правильность излагаемого материала в целом и не имеющие принципиального значения.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Неполные ответы на вопросы контрольного мероприятия. Содержат многочисленные неточности и ошибки.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Отсутствие ответов по существу на вопросы контрольного мероприятия. Либо ответы содержат многочисленные грубые ошибки и неточности при изложении материала.

КМ-2. «Особенности конструктивного исполнения МОП полевых транзисторов с длиной канала порядка и менее 60 нм».

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Ответы на контрольные вопросы

Краткое содержание задания:

21

Контрольные вопросы/задания:

Знать: – основные методы проведения исследований свойств структур и материалов нанoeлектроники	1.22 2.23
Знать: 4	1.21 1. Основные причины, по которым производители вынуждены постоянно уменьшать линейные размеры активных областей полевых транзисторов и, соответственно, снижать топологическую норму технологического процесса. 2. Приведите и поясните критерий, который позволяет отнести конкретный прибор к категории коротко-канального. Объясните основные проблемы, возникающие при наличии в приборе «короткого канала». 3. Объясните основные особенности и отличия в физических моделях работы МОП ПТ с субмикронными размерами и «классического» (или длинно-канального) прибора. 4. Объясните причину уменьшения величины порогового напряжения МОП ПТ при уменьшении длины канала прибора до значений, позволяющих относить его к категории коротко-канальных. 5. Объясните термин «подпороговые характеристики» МОП ПТ, работающего в режиме слабой инверсии. В чем заключается влияние подпороговых характеристик на работу субмикронного МОП ПТ. Поясните термин «обратная крутизна S подпороговой характеристики». 6. Объясните основные причины, вызывающие уменьшение подвижности носителей заряда в канале субмикронного МОП ПТ. Поясните основные меры, которые позволяют уменьшить снижение подвижности. 7. Объясните термин: «салицидная технология» создания затвора и областей стока – истока МОП ПТ. Поясните основные этапы применения данной технологии и основные недостатки данного метода. 8. Объясните причины возникновения «горячих носителей» в канале субмикронного МОП ПТ и

	влияние данного эффекта на стабильность характеристик прибора. 9. Объясните <i>назначение и технологию</i> создания областей слабо-легированного стока (LDD-областей или SDE-областей) в коротко-канальном МОП ПТ. 10. Объясните <i>назначение и технологию</i> создания областей ореола вокруг LDD –областей стока и истока; назначение и технологию создания области резко неоднородного (или ретроградного) распределения примеси в канале.
Уметь: выбирать перспективные материалы микро- и наноэлектроники, использовать современные технологические процессы и операции при изготовлении приборов.	1.22
Уметь: на основе экспериментальных методов исследований выбирать при разработке и проектировании элементов УБИС оптимальные технологические решения	1.23

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Подробные и исчерпывающие ответы на вопросы контрольного мероприятия. Допускаются в ответах незначительные неточности, не влияющие на правильность ответов

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: При ответе на вопросы контрольного мероприятия допускаются незначительные ошибки, не влияющие на правильность излагаемого материала в целом и не имеющие принципиального значения.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Неполные ответы на вопросы контрольного мероприятия. Содержат многочисленные неточности и ошибки.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Отсутствие ответов по существу на вопросы контрольного мероприятия. Либо ответы содержат многочисленные грубые ошибки и неточности при изложении материала.

КМ-3. «Конструктивно-технологические проблемы, возникшие при переходах с топологической (технологической) нормы 32 нм до 14 нм при изготовлении МОП полевых транзисторов».

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Ответы на контрольные вопросы

Краткое содержание задания:

31

Контрольные вопросы/задания:

Знать: принципы применения новых материалов и проведения технологических процессов при изготовлении элементов УБИС по топологическим нормам менее 90 нм.	1.32
Уметь: выбирать перспективные материалы микро- и нанoeлектроники, использовать современные технологические процессы и операции при изготовлении приборов.	1.31
Уметь: на основе экспериментальных методов исследований выбирать при разработке и проектировании элементов УБИС оптимальные технологические решения	1.33
Уметь: 4	1.32

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Подробные и исчерпывающие ответы на вопросы контрольного мероприятия. Допускаются в ответах незначительные неточности, не влияющие на правильность ответов

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: При ответе на вопросы контрольного мероприятия допускаются незначительные ошибки, не влияющие на правильность излагаемого материала в целом и не имеющие принципиального значения.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Неполные ответы на вопросы контрольного мероприятия. Содержат многочисленные неточности и ошибки.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Отсутствие ответов по существу на вопросы контрольного мероприятия. Либо ответы содержат многочисленные грубые ошибки и неточности при изложении материала.

КМ-4. «Проблемы формирования затвора, областей стока и истока в МОП полевом транзисторе с субмикронными размерами»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: ответы на контрольные вопросы

Краткое содержание задания:

41

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выбирать на основе анализа известных решений варианты конструктивного исполнения элементов УБИС	1.41 2.42 3.43
--	----------------------

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Подробные и исчерпывающие ответы на вопросы контрольного мероприятия. Допускаются в ответах незначительные неточности, не влияющие на правильность ответов

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: При ответе на вопросы контрольного мероприятия допускаются незначительные ошибки, не влияющие на правильность излагаемого материала в целом и не имеющие принципиального значения.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Неполные ответы на вопросы контрольного мероприятия. Содержат многочисленные неточности и ошибки.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Отсутствие ответов по существу на вопросы контрольного мероприятия. Либо ответы содержат многочисленные грубые ошибки и неточности при изложении материала.

КМ-5. «Литография экстремального ультрафиолетового (ЭУФ) излучения».

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: ответы на контрольные вопросы

Краткое содержание задания:

51

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выбирать перспективные материалы микро- и наноэлектроники, использовать современные технологические процессы и операции при изготовлении приборов.	1.52
Уметь: на основе экспериментальных методов	1.53

исследований выбирать при разработке и проектировании элементов УБИС оптимальные технологические решения	
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Подробные и исчерпывающие ответы на вопросы контрольного мероприятия. Допускаются в ответах незначительные неточности, не влияющие на правильность ответов

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: При ответе на вопросы контрольного мероприятия допускаются незначительные ошибки, не влияющие на правильность излагаемого материала в целом и не имеющие принципиального значения.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Неполные ответы на вопросы контрольного мероприятия. Содержат многочисленные неточности и ошибки.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Отсутствие ответов по существу на вопросы контрольного мероприятия. Либо ответы содержат многочисленные грубые ошибки и неточности при изложении материала.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

билет 1

Процедура проведения

стандартная

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-2} Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования материалов микро- и нанoeлектроники

Вопросы, задания

- 1. билет 2
- 2. билет 3
- 3. билет 5
- 4. билет 4

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1. остаточные 1
 - Ответы:
 - остаточные 1
 - Верный ответ: остаточные 1
- 2. остаточные 2
 - Ответы:
 - остаточные 2
 - Верный ответ: остаточные 2
- 3. остаточные 3
 - Ответы:
 - остаточные 3
 - Верный ответ: остаточные 3

2. Компетенция/Индикатор: ИД-3_{ПК-2} Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и нанoeлектроники

Вопросы, задания

- 1. билет 11
- 2. билет 12
- 3. билет 13

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1. остаточные 4
 - Ответы:
 - остаточные 4
 - Верный ответ: остаточные 4
- 2. остаточные 5

Ответы:
остаточные 5
Верный ответ: остаточные 5
3.остаточные 6
Ответы:
остаточные 6
Верный ответ: остаточные 6
4.остаточные 7
Ответы:
остаточные 7
Верный ответ: остаточные 7

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: 90

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: 70

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: 50

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

стандартные