

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

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРИБОРОВ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	3 семестр - 16 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	3 семестр - 115,7 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	3 семестр - 0,3 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение особенностей конструкции и протекания физических процессов в элементах ИМС с нанометровыми размерами критически важных областей, технологических приемов изготовления элементов по топологическим нормам 90 - 14 нм, ознакомление с основными областями применения

Задачи дисциплины

- изучение вариантов конструктивного исполнения элементов ИМС, изготавливаемых по топологическим нормам 90 - 14 нм;;
- ознакомление с принципами исследования новых и применения перспективных материалов в приборах современной микро- и нанoeлектроники;;
- ознакомление с основными технологическими приемами, используемыми при изготовлении приборов микро- и нанoeлектроники по топологическим нормам менее 90 нм;;
- приобретение навыков проведения исследований и выбора оптимальных конструкторско-технологических решений при проектировании приборов микро- и нанoeлектроники;
- изучение основных областей применения и принципов функционирования элементов УБИС, изготавливаемых на основе МОП-структур, в современных приборах микро- и нанoeлектроники;
- приобретение навыков проведения исследований и выбора оптимальных конструкторско-технологических решений при проектировании приборов микро- и нанoeлектроники.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен проводить исследования материалов и изделий микро- и нанoeлектроники	ИД-2 _{ПК-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 выбирать при разработке и проектировании элементов УБИС оптимальные технологические решения.
ПК-2 Способен проводить исследования материалов и изделий микро- и нанoeлектроники	ИД-3 _{ПК-2} Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и нанoeлектроники	знать: - 4; - основные области применения элементов СБИС на основе МОП-структур в современных приборах микро- и нанoeлектроники.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		уметь: - 4; - выбирать на основе анализа известных решений варианты конструктивного исполнения элементов УБИС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Полупроводниковые материалы и структуры (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
							КПР	ГК	ИККП	ТК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1. Основные предпосылки перехода к производству цифровых УБИС на основе МОП полевых транзисторов с субмикронными и суб100-нанометровыми размерами	18	3	3	2	2	-	-	-	-	-	11	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 21-476 [2], 7-204
1.1	(1)	18		3	2	2	-	-	-	-	-	11	-	
2	3. Эффекты « короткого канала» в МОП ПТ и методы уменьшения их влияния на характеристики приборов с субмикронными размерами	19		4	2	2	-	-	-	-	-	11	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 21-476 [2], 7-204
2.1	(2)	19		4	2	2	-	-	-	-	-	11	-	
3	3. Проблемы формирования подзатворного диэлектрика в МОП полевом транзисторе с субмикронными	16		3	1	1	-	-	-	-	-	11	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 21-476 [2], 7-204

	размерами												
3.1	(3)	16	3	1	1	-	-	-	-	-	11	-	
4	4. Особенности формирования затвора субмикронных МОП ПТ	19	4	2	2	-	-	-	-	-	11	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 21-476 [2], 7-204
4.1	(4)	19	4	2	2	-	-	-	-	-	11	-	
5	5. Методы формирования сток-истоковых областей суб100-нанометрового МОП ПТ	16	3	1	1	-	-	-	-	-	11	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 21-476 [2], 7-204
5.1	(5)	16	3	1	1	-	-	-	-	-	11	-	
6	6. Технология «кремний-ни-на-чем» (SoN), приборы с вертикальным каналом	19	4	2	2	-	-	-	-	-	11	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 21-476 [2], 7-204
6.1	(6)	19	4	2	2	-	-	-	-	-	11	-	
7	7. Приборы с высокой подвижностью электронов на гетеропереходе AlGaAs/GaAs для СВЧ диапазона	18	3	2	2	-	-	-	-	-	11	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 21-476 [2], 7-204
7.1	(7)	18	3	2	2	-	-	-	-	-	11	-	
8	8. Особенности конструкции и технологии приборов, выполненных по топологической норме 22 нм (на примере процессоры линейки Ive Bridge компании Intel)	19	4	2	2	-	-	-	-	-	11	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 21-476 [2], 7-204
8.1	(8)	19	4	2	2	-	-	-	-	-	11	-	
9	9. Литография экстремального ультрафиолетового	18	4	2	2	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 21-476

	излучения (ЭУФ- литография)													[2], 7-204
9.1	(9)	18		4	2	2	-	-	-	-	-	10	-	
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	17.7	
	Всего за семестр	180.0		32	16	16	-	-	-	0.3	98	-	17.7	
	Итого за семестр	180.0		32	16	16	-	-	-	0.3	-	115.7	-	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. 1. Основные предпосылки перехода к производству цифровых УБИС на основе МОП полевых транзисторов с субмикронными и суб100-нанометровыми размерами

1.1. (1)

1.

2. 3. Эффекты « короткого канала» в МОП ПТ и методы уменьшения их влияния на характеристики приборов с субмикронными размерами

2.1. (2)

2.

3. 3. Проблемы формирования подзатворного диэлектрика в МОП полевом транзисторе с субмикронными размерами

3.1. (3)

3.

4. 4. Особенности формирования затвора субмикронных МОП ПТ

4.1. (4)

4..

5. 5. Методы формирования сток-истоковых областей суб100-нанометрового МОП ПТ

5.1. (5)

5.

6. 6. Технология «кремний-ни-на-чем» (SoN), приборы с вертикальным каналом

6.1. (6)

6..

7. 7. Приборы с высокой подвижностью электронов на гетеропереходе AlGaAs/GaAs для СВЧ диапазона

7.1. (7)

7..

8. 8. Особенности конструкции и технологии приборов, выполненных по топологической норме 22 нм (на примере процессоры линейки Ixe Bridge компании Intel)

8.1. (8)

8..

9. 9. Литография экстремального ультрафиолетового излучения (ЭУФ-литография)

9.1. (9)

9..

3.3. Темы практических занятий

1. тема 11;
2. тема 12;
3. тема 13;
4. тема 14;
5. тема 15.

3.4. Темы лабораторных работ

1. 1;
2. 2;
3. 3;
4. 4.

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "1. Основные предпосылки перехода к производству цифровых УБИС на основе МОП полевых транзисторов с субмикронными и суб100-нанометровыми размерами"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "3. Эффекты « короткого канала» в МОП ПТ и методы уменьшения их влияния на характеристики приборов с субмикронными размерами"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "3. Проблемы формирования подзатворного диэлектрика в МОП полевом транзисторе с субмикронными размерами"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "4. Особенности формирования затвора субмикронных МОП ПТ"
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "5. Методы формирования сток-истоковых областей суб100-нанометрового МОП ПТ"
6. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "6. Технология «кремний-ни-на-чем» (SoN), приборы с вертикальным каналом"
7. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "7. Приборы с высокой подвижностью электронов на гетеропереходе AlGaAs/GaAs для СВЧ диапазона"
8. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые

консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "8. Особенности конструкции и технологии приборов, выполненных по топологической норме 22 нм (на примере процессоры линейки Ive Bridge компании Intel)"

9. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "9. Литография экстремального ультрафиолетового излучения (ЭУФ-литография)"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "1. Основные предпосылки перехода к производству цифровых УБИС на основе МОП полевых транзисторов с субмикронными и суб100-нанометровыми размерами"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "3. Эффекты « короткого канала» в МОП ПТ и методы уменьшения их влияния на характеристики приборов с субмикронными размерами"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "3. Проблемы формирования подзатворного диэлектрика в МОП полевом транзисторе с субмикронными размерами"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "4. Особенности формирования затвора субмикронных МОП ПТ"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "5. Методы формирования сток-истоковых областей суб100-нанометрового МОП ПТ"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "6. Технология «кремний-ни-на-чем» (SoN), приборы с вертикальным каналом"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "7. Приборы с высокой подвижностью электронов на гетеропереходе AlGaAs/GaAs для СВЧ диапазона"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "8. Особенности конструкции и технологии приборов, выполненных по топологической норме 22 нм (на примере процессоры линейки Ive Bridge компании Intel)"
9. Обсуждение материалов по кейсам раздела "9. Литография экстремального ультрафиолетового излучения (ЭУФ-литография)"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "1. Основные предпосылки перехода к производству цифровых УБИС на основе МОП полевых транзисторов с субмикронными и суб100-нанометровыми размерами"
2. Консультации проводятся по разделу "3. Эффекты « короткого канала» в МОП ПТ и методы уменьшения их влияния на характеристики приборов с субмикронными размерами"
3. Консультации проводятся по разделу "3. Проблемы формирования подзатворного диэлектрика в МОП полевом транзисторе с субмикронными размерами"
4. Консультации проводятся по разделу "4. Особенности формирования затвора субмикронных МОП ПТ"
5. Консультации проводятся по разделу "5. Методы формирования сток-истоковых областей суб100-нанометрового МОП ПТ"
6. Консультации проводятся по разделу "6. Технология «кремний-ни-на-чем» (SoN), приборы с вертикальным каналом"
7. Консультации проводятся по разделу "7. Приборы с высокой подвижностью электронов на гетеропереходе AlGaAs/GaAs для СВЧ диапазона"
8. Консультации проводятся по разделу "8. Особенности конструкции и технологии приборов, выполненных по топологической норме 22 нм (на примере процессоры линейки Ive Bridge компании Intel)"

9. Консультации проводятся по разделу "9. Литография экстремального ультрафиолетового излучения (ЭУФ-литография)"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "1. Основные предпосылки перехода к производству цифровых УБИС на основе МОП полевых транзисторов с субмикронными и суб100-нанометровыми размерами"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "3. Эффекты « короткого канала» в МОП ПТ и методы уменьшения их влияния на характеристики приборов с субмикронными размерами"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "3. Проблемы формирования подзатворного диэлектрика в МОП полевом транзисторе с субмикронными размерами"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "4. Особенности формирования затвора субмикронных МОП ПТ"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "5. Методы формирования сток-истоковых областей суб100-нанометрового МОП ПТ"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "6. Технология «кремний-ни-на-чем» (SoN), приборы с вертикальным каналом"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "7. Приборы с высокой подвижностью электронов на гетеропереходе AlGaAs/GaAs для СВЧ диапазона"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "8. Особенности конструкции и технологии приборов, выполненных по топологической норме 22 нм (на примере процессоры линейки Ive Bridge компании Intel)"
9. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "9. Литография экстремального ультрафиолетового излучения (ЭУФ-литография)"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)									Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Знать:											
– основные методы проведения исследований свойств структур и материалов нанoeлектроники	ИД-2ПК-2	+	+								Контрольная работа/«Особенности конструктивного исполнения МОП полевых транзисторов с длиной канала порядка и менее 60 нм». Контрольная работа/«Проблемы замены материала подзатворного диэлектрика в МОП полевых транзисторах с длиной канала менее 60 нм».
принципы применения новых материалов и проведения технологических процессов при изготовлении элементов УБИС по топологическим нормам менее 90 нм.	ИД-2ПК-2		+								Контрольная работа/«Конструктивно-технологические проблемы, возникшие при переходах с топологической (технологической) нормы 32 нм до 14 нм при изготовлении МОП полевых транзисторов».
основные области применения элементов СБИС на основе МОП-структур в современных приборах микро- и нанoeлектроники	ИД-3ПК-2				+						Контрольная работа/«Проблемы замены материала подзатворного диэлектрика в МОП полевых транзисторах с длиной канала менее 60 нм».
4	ИД-3ПК-2			+							Контрольная работа/«Особенности конструктивного исполнения МОП полевых транзисторов с длиной канала порядка и менее 60 нм».
Уметь:											
на основе экспериментальных методов исследований выбирать при разработке и проектировании элементов УБИС оптимальные технологические решения	ИД-2ПК-2						+				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/«Особенности конструктивного исполнения МОП полевых транзисторов с длиной канала порядка и менее 60 нм».
выбирать перспективные материалы микро- и нанoeлектроники, использовать современные технологические процессы и операции при изготовлении приборов.	ИД-2ГК-2					+				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/«Особенности конструктивного исполнения МОП полевых транзисторов с длиной канала порядка и менее 60 нм».
выбирать на основе анализа известных решений варианты конструктивного исполнения элементов УБИС	ИД-3ГК-2							+	+	Контрольная работа/«Проблемы формирования затвора, областей стока и истока в МОП полевом транзисторе с субмикронными размерами»
4	ИД-3ГК-2						+			Контрольная работа/«Конструктивно-технологические проблемы, возникшие при переходах с топологической (технологической) нормы 32 нм до 14 нм при изготовлении МОП полевых транзисторов».

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №3)

стандартные

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Алексенко, А. Г. Микросхемотехника : Учебное пособие для вузов по специальностям "Физика и технология материалов и компонентов электронной техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы" / А. Г. Алексенко, И. И. Шагурин ; Ред. И. П. Степаненко . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1990 . – 496 с. - ISBN 5-256-00693-2 .;
2. Афоненко А. А., Гайдук П. И., Комаров Ф. Ф., Новиков А. Г., Прокопьев С. Л., Ушаков Д. В. - "Перспективные технологии в нано- и оптоэлектронике", Издательство: "БГУ", Минск, 2018 - (210 с.)
<https://e.lanbook.com/book/202070>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНИТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-301, Лаборатория полупроводниковых приборов и компонентов	стол, стул, шкаф для документов, стол письменный, оборудование учебное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Помещения для самостоятельной работы	Е-310, Дисплейный класс каф. "ФТЭМК"	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, учебно-наглядное пособие
Помещения для консультирования	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика и технология приборов нанoeлектроники

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 «Проблемы замены материала подзатворного диэлектрика в МОП полевых транзисторах с длиной канала менее 60 нм». (Контрольная работа)
- КМ-2 «Особенности конструктивного исполнения МОП полевых транзисторов с длиной канала порядка и менее 60 нм». (Контрольная работа)
- КМ-3 «Конструктивно-технологические проблемы, возникшие при переходах с топологической (технологической) нормы 32 нм до 14 нм при изготовлении МОП полевых транзисторов». (Контрольная работа)
- КМ-4 «Проблемы формирования затвора, областей стока и истока в МОП полевом транзисторе с субмикронными размерами» (Контрольная работа)
- КМ-5 «Литография экстремального ультрафиолетового (ЭУФ) излучения». (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	12	15
1	1. Основные предпосылки перехода к производству цифровых УБИС на основе МОП полевых транзисторов с субмикронными и суб100-нанометровыми размерами						
1.1	(1)		+	+			
2	3. Эффекты « короткого канала» в МОП ПТ и методы уменьшения их влияния на характеристики приборов с субмикронными размерами						
2.1	(2)		+	+	+		
3	3. Проблемы формирования подзатворного диэлектрика в МОП полевом транзисторе с субмикронными размерами						
3.1	(3)			+			
4	4. Особенности формирования затвора субмикронных МОП ПТ						
4.1	(4)		+				
5	5. Методы формирования сток-истоковых областей суб100-нанометрового МОП ПТ						
5.1	(5)			+	+		+

6	6. Технология «кремний-ни-на-чем» (SoN), приборы с вертикальным каналом					
6.1	(6)		+	+		+
7	7. Приборы с высокой подвижностью электронов на гетеропереходе AlGaAs/GaAs для СВЧ диапазона					
7.1	(7)			+		
8	8. Особенности конструкции и технологии приборов, выполненных по топологической норме 22 нм (на примере процессоры линейки Ivy Bridge компании Intel)					
8.1	(8)				+	
9	9. Литография экстремального ультрафиолетового излучения (ЭУФ-литография)					
9.1	(9)				+	
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20