

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН АВТФ
к.т.н. Рева И. Л.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Материалы и технологии микроэлектронных устройств

Образовательная программа: 12.03.01 Приборостроение, профиль:
Информационно-измерительные технологии

Курс: 3, семестр : 5

Факультет автоматики и вычислительной техники,

		Семестр
№	Вид деятельности	5
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3
2	Всего часов	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	78
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	36
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	4
10	Самостоятельная работа, час.	30
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	
12	Вид аттестации	ДЗ

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 12.03.01 Приборостроение

ФГОС введен в действие приказом №959 от 03.09.2015 г. , дата утверждения: 02.10.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 12.03.01 Приборостроение

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета автоматики и вычислительной техники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Гридчин А. В.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Гайслер В. А.

Ответственный за образовательную программу:

профессор Пасынков Ю. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.12 готовность к внедрению технологических процессов производства, метрологического обеспечения и контроля качества элементов приборов различного назначения; в части следующих результатов обучения:
у1. уметь оценивать конструкторские решения с точки зрения технологичности производства
Компетенция НГТУ: ПК.26.В способность анализировать научно-техническую информацию, использовать современные тенденции развития и достижения отечественной и зарубежной техники и технологий в профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:
з1. элементную базу электротехники, электроники и микропроцессорной техники, направление ее совершенствования и развития
з2. основные тенденции развития техники и технологий в области приборостроения;
Компетенция НГТУ: ПК.27.В способность использовать спецглавы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального анализа; в части следующих результатов обучения:
з2. физические явления и эффекты, используемые для получения измерительной и управляющей информации: механические, электрические, магнитные, оптические, тепловые, химические;

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Материалы и технологии микроэлектронных устройств</i>	
ПК.12.у1 уметь оценивать конструкторские решения с точки зрения технологичности производства	
1.Иметь представление о специальных технологиях, применяемых при изготовлении электронных компонент.	Лекции
2. Уметь оценивать конструкторские решения с точки зрения технологичности производства.	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.26.В.з1 элементную базу электротехники, электроники и микропроцессорной техники, направление ее совершенствования и развития	
3.Иметь представление о месте и роли микроэлектроники для развития науки, техники и технологии.	Лекции; Самостоятельная работа
4.Иметь представление об основных метрологических характеристиках электронных компонент.	Лекции; Самостоятельная работа
5.Знать терминологию, относящуюся к профессиональной деятельности.	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.26.В.з2 основные тенденции развития техники и технологий в области приборостроения;	
6.Иметь представление об основных тенденциях развития техники и технологий в области приборостроения.	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.27.В.з2 физические явления и эффекты, используемые для получения измерительной и управляющей информации: механические, электрические, магнитные, оптические, тепловые, химические;	
7.Знать физическую сущность процессов, протекающих при изготовлении и эксплуатации электронных компонент.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
8.Знать свойства, параметры и принцип действия различных измерительных устройств: механических, тепловых, химических, магнитных, оптических и радиационных.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
9.Уметь проводить основные технологические процессы на маршруте изготовления электронных компонент.	Лекции; Лабораторные работы
10.Уметь проводить эксперименты по исследованию и расчету метрологических характеристик измерительных устройств.	Лабораторные работы

11. Уметь прогнозировать изменение свойств измерительных устройств при изменении внешних условий или воздействий.	Лабораторные работы
---	---------------------

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Основные тенденции развития отечественной и зарубежной микроэлектроники.				
1. Основные достижения и тенденции в развитии отечественной и зарубежной микроэлектроники.	0	2	3, 5, 6	Обзор основных достижений и тенденций развития отечественной и зарубежной микроэлектроники. Понятие нанoeлектроники. Перспективы развития нанoeлектроники.
Дидактическая единица: Основы технологии и организации промышленного производства электронных компонент.				
2. Безопасность и культура производства электронных компонент.	0	2	2, 5	Технологическая дисциплина, обоснование её необходимости. Технологическая карта. Технологический маршрут. Контроль за прохождением технологического маршрута. Чистые комнаты и чистые материалы. Техника безопасности при производстве электронных компонент.
3. Фотолитография.	0	2	1, 5, 7, 9	Задача фотолитографии. Структура процесса. Оборудование, применяемое для этого. Контактная и проекционная фотопечать. Физико-химические основы процесса. Фоторезист. Контроль качества процесса.
4. Современные виды литографии.	0	2	1, 5, 7, 9	Рентгеновская литография и рентгеновские резисты. Электронно-лучевая и ионно-лучевая литография. Глубокая ультрафиолетовая (DUV) и экстремальная ультрафиолетовая (EUV) литография. Иммерсионная литография.

5. Сухое (плазменное) и жидкостное травление.	0	2	1, 5, 7, 9	Механизмы травления в плазме. Реактивное ионное травление. Плазмохимическая обработка и удаление фоторезиста в плазме. Реакторы ёмкостного (конденсаторного) и индуктивного (катушечного) типа. Жидкостное изотропное и анизотропное травление кремния. Контроль жидкостного травления.
6. Термическое окисление. Осаждение диэлектрика. Поликремний.	0	2	1, 5, 7, 9	Термическое окисление, физико-химические и технологические основы процесса. Осаждение диэлектрика из газовой фазы. Легирование диэлектрика в процессе осаждения. Аллотропные модификации поликристаллического кремния. Осаждение поликремния.
7. Термическая диффузия. Ионное легирование.	0	2	1, 5, 7, 9	Физико-химические и технологические основы процесса термической диффузии. Установка ионного легирования, назначение ее основных систем. Технологические параметры ионного легирования. Термический отжиг. Контроль за результатом легирования.
8. Напыление металлизации. Эпитаксия.	0	2	1, 5, 7, 9	Современные принципы создания металлизации. Вакуумное напыление. Современные процессы напыления металлизации. Физико-химические основы процесса эпитаксии. Газофазная эпитаксия. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
Дидактическая единица: Элементная база современной измерительной электроники.				
9. Измерительные электронные устройства.	0	2	1, 5, 7, 9	Измерительная электроника. Сенсоры и микросистемы. Классификация сенсоров. Примеры сенсоров различных классов. Метрологические характеристики сенсоров. Выдача тем для самостоятельного изучения материала.
Дидактическая единица: Современные направления развития микро- и нанoeлектроники				

10. Тензорезистивный эффект в металлах и кремнии. Приборы на его основе.	0	2	4, 5, 7, 8	Физические основы тензорезистивного эффекта в металлах и кремнии. Механические напряжения в упругих элементах. Измерительная схема "тензорезистивный мост Уитстона" и ее размещение на поверхности упругого элемента.
11. Сдвиговый тензорезистивный эффект и приборы на его основе.	0	2	3, 4, 5, 6, 8	Сдвиговый тензорезистивный эффект. Тензорезистивные сенсоры давления типа X-ducер. Эффект гигантского пьезосопротивления в нанопроволоках. Перспективы его применения.
12. Болометрический эффект и приборы на его основе.	0	2	3, 4, 5, 6, 8	Болометрический эффект и его применение. Принципы работы пирометров и тепловизоров. Применение пирометров и тепловизоров в науке и технике.
13. Лаборатории на чипе и другие химические сенсоры.	0	2	3, 4, 5, 6, 8	Химические сенсоры (лаборатории на чипе), перспективы их применения. Электронные носы и электронные языки.
14. Светоизлучающие приборы.	0	2	3, 4, 5, 6, 8	Полупроводники типа А(III) В(V). Светоизлучающие приборы на их основе (светодиоды и твердотельные лазеры). Органические светоизлучающие приборы
15. Углеродная электроника. Графен.	0	2	3, 4, 5, 6	Аллотропные модификации углерода: графит, графен, графан, углеродная нанотрубка (CNT), фуллерен. Перспективы применения CNT. Технология получения самосворачивающихся CNT. Графен, перспективы построения МДП-транзисторов на графене
16. Сверхпроводимость и приборы на ее основе.	0	2	3, 4, 5, 6	История открытия эффекта сверхпроводимости. Сверхпроводники I и II рода. Критические условия для исчезновения сверхпроводимости. Вихри Абрикосова. Переход Джозефсона. Сверхпроводящие квантовые интерферометры (SQUID). Сверхпроводящие магниты и поезда на магнитной подушке.

17. Квантовые компьютеры.	0	2	3, 4, 5, 6	Квантовые состояния. Квантовые биты (кубиты) и их отличие от классических. Квантовый параллелизм и квантовая запутанность. Особенности выполнения квантовых вычислений. Преимущества квантовых вычислений над классическими. Современный уровень достижений в области квантовых вычислений.
18. Современные методы исследования поверхности.	0	2	3, 4, 5, 6	Зондовая микроскопия, как метод изучения поверхности. Сканирующий зондовый микроскоп, атомный силовой микроскоп. Режимы изучения поверхности. Способы управления зондом.

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Основы технологии и организации промышленного производства электронных компонент.				
1. Фотолитография.	0	4	10, 11, 7, 8, 9	Экспериментальное изучение процесса фотолитографии, выполнение технологического процесса на учебном оборудовании, анализ полученных результатов.
2. Термическое окисление.	0	4	10, 11, 7, 8, 9	Экспериментальное изучение процесса термического окисления, выполнение технологического процесса на учебном оборудовании, анализ полученных результатов.
3. Вакуумное напыление алюминия.	0	4	10, 11, 7, 8, 9	Экспериментальное изучение процесса вакуумного напыления алюминия, выполнение технологического процесса на учебном оборудовании, анализ полученных результатов.
4. Анизотропное травление кремния.	0	4	10, 11, 7, 8, 9	Экспериментальное изучение процесса жидкостного анизотропного химического травления кремния, выполнение технологического процесса на учебном оборудовании, анализ полученных результатов.

5. Электростатический метод соединения кремния со стеклом.	0	4	10, 11, 7, 8, 9	Экспериментальное изучение процесса электростатического бесклевого соединения пары кремний-стекло (анодный бондинг), выполнение технологического процесса на учебном оборудовании, анализ полученных результатов.
Дидактическая единица: Элементная база современной измерительной электроники.				
6. Сенсоры механических величин.	0	4	10, 11, 7, 8, 9	Экспериментальное изучение сенсора давления МРХ типа X-ducer, измерение зависимостей выходного сигнала сенсора от давления и температуры, расчет основных метрологических характеристик, анализ полученных результатов.
7. Тепловые сенсоры.	0	4	10, 11, 7, 8, 9	Экспериментальное изучение тепловых сенсоров (термопара и терморезистор), измерение их нагрузочных зависимостей, расчет основных метрологических характеристик, анализ полученных результатов.
8. Магнитные сенсоры.	0	4	10, 11, 7, 8, 9	Экспериментальное изучение сенсора Холла и магниторезистора, измерение магнитных полей, расчет основных метрологических характеристик, анализ полученных результатов.
9. Заключительное занятие.	0	4	10, 11, 7, 8, 9	Прием отчетов о выполнении лабораторных работ, получение допуска к диф. зачету.

Таблица 3.3

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Элементная база современной измерительной электроники.				
1. Эффект Зеебека (термоЭДС). Коэффициент Зеебека. Термопара, как измерительный прибор.	0	2	4, 5, 7, 8	Изучение основной и дополнительной литературы, самостоятельное освоение учебного материала по заданной теме.
2. Терморезистивный эффект. Платиновые и полупроводниковые терморезисторы. Термисторы.	0	2	4, 5, 7, 8	Изучение основной и дополнительной литературы, самостоятельное освоение учебного материала по заданной теме.

3. Тепловое излучение. Законы Стефана-Больцмана и Вина. Датчики охранной сигнализации на принципе теплового излучения.	0	2	4, 5, 7, 8	Изучение основной и дополнительной литературы, самостоятельное освоение учебного материала по заданной теме.
4. Эффекты Холла и магнитосопротивления. Сенсоры Холла. Принцип действия электронного компаса.	0	2	4, 5, 7, 8	Изучение основной и дополнительной литературы, самостоятельное освоение учебного материала по заданной теме.
5. Фотоэлектрический эффект. Фоторезисторы, фотодиоды и фототранзисторы, принцип действия и приборы на их основе.	0	2	4, 5, 7, 8	Изучение основной и дополнительной литературы, самостоятельное освоение учебного материала по заданной теме.
6. Дозиметрия. Детекторы ядерного излучения (счётчики Гейгера-Мюллера, камера Вильсона, пузырьковая камера).	0	2	4, 5, 7, 8	Изучение основной и дополнительной литературы, самостоятельное освоение учебного материала по заданной теме.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 5				
1	Подготовка к занятиям	2, 3, 6, 8	0	0
: Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 43 с. : схемы,табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161				
2	Дополнительная учебная деятельность	3, 5, 7	0	0
: Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 43 с. : схемы,табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161				
3	Подготовка к аттестации	2, 3, 6, 8	18	4
Подготовка к сдаче зачета, самостоятельное повторение материала лекций, изучение основной и дополнительной учебной литературы.: Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 43 с. : схемы,табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161				
4	Самостоятельное изучение теоретического материала	4, 5, 7, 8	12	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.3 : Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 43 с. : схемы,табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Социальные сети

Консультирование	e-mail; Чат
Контроль	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	ЭБС

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Лекция в форме дискуссии
Краткое описание применения: Лекция с элементами дискуссии, с участием слушателей.	

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 5		
<i>Самостоятельное изучение теоретического материала:</i>	6	12
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 43 с. : схемы,табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161 "		
<i>Лекция:</i>	10	28
Контролирующие материалы приводятся в "Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 43 с. : схемы,табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161 "		
<i>Лабораторная:</i>	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 43 с. : схемы,табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161 "		
<i>Зачет:</i>	10	20
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 43 с. : схемы,табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161 "		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Защита ЛР	Зачет
ПК.12	у1. уметь оценивать конструкторские решения с точки зрения технологичности производства		+
	ПК.26.В з1. элементную базу электротехники, электроники и микропроцессорной техники, направление ее совершенствования и развития		+
	ПК.26.В з2. основные тенденции развития техники и технологий в области приборостроения;		+
	ПК.27.В з2. физические явления и эффекты, используемые для получения измерительной и управляющей информации: механические, электрические, магнитные, оптические, тепловые, химические;	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Петров К. С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника : учебное пособие для вузов / К. С. Петров. - СПб. [и др.], 2006. - 521 с. : ил.
2. Фрайден Д. Современные датчики : справочник / Дж. Фрайден ; пер. с англ. Ю. А. Заболотной ; под ред. Е. Л. Свинцова. - М., 2006. - 588 с. : ил.
3. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 1 : Учебное пособие для вузов / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 415 с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2004/04_gridchin.pdf
4. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, И. Г. Неизвестный, В. Н. Шумский. - Новосибирск, 2006. - 495 с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/gridchin.pdf>

Дополнительная литература

1. Алейников А. Ф. Датчики (перспективные направления развития) : учебное пособие / А. Ф. Алейников, В. А. Гридчин, М. П. Цапенко ; под ред. М. П. Цапенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т и др. - Новосибирск, 2003. - 285 с. : ил.
2. Технология СБИС. В 2 кн.. Кн. 2 / Пирс К., Адамс А., Кац Л. и др. ; под ред. Чистякова Ю. Д. - М., 1986. - 453 с. : ил.
3. Эггинс Б. Р. Химические и биологические сенсоры : [учебное пособие] / Б. Эггинс ; пер. с англ. М. А. Слинкина с доп. Т. М. Зиминной, В. В. Лучинина. - М., 2005. - 335 с. : ил.
4. Технология СБИС. В 2 кн.. Кн. 1 / Пирс К. [и др.] ; под ред. С. Зи ; пер. с англ. В. М. Звероловлева [и др.]. - М., 1986. - 404 с. : ил., табл.
5. Варадан В. ВЧ МЭМС и их применение / В. Варадан, К. Виной, К. Джозе ; пер. с англ. под ред. Ю. А. Заболотной. - М., 2004. - 525 с. : ил., табл., цв. ил.
6. Илюшин В. А. Процессы нанотехнологии : учебное пособие / В. А. Илюшин, А. А. Величко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 107 с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 43 с. : схемы, табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Windows
- 2 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	ВОЛЬТМЕТР В2-34	Применяется в измерительной схеме
2	ИСТОЧНИК Б5-46	Применяется для питания измерительной схемы
3	Установка совмещения и экспонирования ЭМ-576А	Применяется для перенесения рисунка в фоточувствительный слой
4	УСТАНОВКА УВН-71р-3	Применяется для вакуумного напыления
5	УСТАНОВКА УНФ	Применяется для нанесения фоторезиста
6	ОММЕТР Щ-34 цифровой	Применяется для выполнения измерений
7	ВАКУУММЕТР ВМБ 1/8	Применяется для контроля вакуума

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН АВТФ
к.т.н., доцент И.Л. Рева
“ ” _____ _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материалы и технологии микроэлектронных устройств

Образовательная программа: 12.03.01 Приборостроение, профиль: Информационно-измерительные технологии

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Материалы и технологии микроэлектронных устройств приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.12 готовность к внедрению технологических процессов производства, метрологического обеспечения и контроля качества элементов приборов различного назначения	у1. уметь оценивать конструкторские решения с точки зрения технологичности производства	Безопасность и культура производства электронных компонент. Измерительные электронные устройства. Напыление металлизации. Эпитаксия. Современные виды литографии. Сухое (плазменное) и жидкостное травление. Термическая диффузия. Ионное легирование. Термическое окисление. Осаждение диэлектрика. Поликремний. Фотолитография.		Зачет, вопросы 2 – 10, 23 – 25.
ПК.26.В способность анализировать научно-техническую информацию, использовать современные тенденции развития и достижения отечественной и зарубежной техники и технологий в профессиональной деятельности	з1. элементную базу электротехники, электроники и микропроцессорной техники, направление ее совершенствования и развития	Безопасность и культура производства электронных компонент. Болومترный эффект и приборы на его основе. Дозиметрия. Детекторы ядерного излучения (счётчики Гейгера-Мюллера, камера Вильсона, пузырьковая камера). Измерительные электронные устройства. Квантовые компьютеры. Лаборатории на чипе и другие химические сенсоры. Напыление металлизации. Эпитаксия. Основные достижения и тенденции в развитии отечественной и зарубежной микроэлектроники. Сверхпроводимость и приборы на ее основе. Светоизлучающие приборы. Сдвиговый тензорезистивный эффект и приборы на его основе. Современные виды литографии. Современные методы исследования поверхности. Сухое (плазменное) и жидкостное травление. Тензорезистивный эффект в металлах и кремнии. Приборы на его основе. Тепловое излучение. Законы Стефана-Больцмана и Вина. Датчики охранной сигнализации на принципе теплового излучения. Термическая диффузия.		Зачет, вопросы 1 – 26.

		Ионное легирование. Термическое окисление. Осаждение диэлектрика. Поликремний. Терморезистивный эффект. Платиновые и полупроводниковые терморезисторы. Термисторы. Углеродная электроника. Графен. Фотолитография. Фотоэлектрический эффект. Фоторезисторы, фотодиоды и фототранзисторы, принцип действия и приборы на их основе. Эффект Зеебека (термоЭДС). Коэффициент Зеебека. Термопара, как измерительный прибор. Эффекты Холла и магнитосопротивления. Сенсоры Холла. Принцип действия электронного компаса.		
ПК.26.В	32. основные тенденции развития техники и технологий в области приборостроения;	Болометрический эффект и приборы на его основе. Квантовые компьютеры. Лаборатории на чипе и другие химические сенсоры. Основные достижения и тенденции в развитии отечественной и зарубежной микроэлектроники. Сверхпроводимость и приборы на ее основе. Светоизлучающие приборы. Сдвиговый тензорезистивный эффект и приборы на его основе. Современные методы исследования поверхности. Углеродная электроника. Графен.		Зачет, вопросы 15 – 26.
ПК.27.В способность использовать спецглавы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального анализа	32. физические явления и эффекты, используемые для получения измерительной и управляющей информации: механические, электрические, магнитные, оптические, тепловые, химические;	Анизотропное травление кремния. Болометрический эффект и приборы на его основе. Вакуумное напыление алюминия. Дозиметрия. Детекторы ядерного излучения (счётчики Гейгера-Мюллера, камера Вильсона, пузырьковая камера). Заключительное занятие. Измерительные электронные устройства. Лаборатории на чипе и другие химические сенсоры. Магнитные сенсоры. Напыление металлизации. Эпитаксия. Светоизлучающие приборы. Сдвиговый тензорезистивный эффект и приборы на его основе. Сенсоры механических величин. Современные виды литографии. Сухое (плазменное) и жидкостное травление. Тензорезистивный эффект в металлах и кремнии. Приборы на его основе. Тепловое излучение. Законы	Отчет по лабораторной работе, разделы 1 – 3.	Зачет, вопросы 2 – 22.

		Стефана-Больцмана и Вина. Датчики охранной сигнализации на принципе теплового излучения. Тепловые сенсоры. Термическая диффузия. Ионное легирование. Термическое окисление. Термическое окисление. Осаждение диэлектрика. Поликремний. Терморезистивный эффект. Платиновые и полупроводниковые терморезисторы. Термисторы. Фотолитография. Фотоэлектрический эффект. Фоторезисторы, фотодиоды и фототранзисторы, принцип действия и приборы на их основе. Электростатический метод соединения кремния со стеклом. Эффект Зеебека (термоЭДС). Коэффициент Зеебека. Термопара, как измерительный прибор. Эффекты Холла и магнитосопротивления. Сенсоры Холла. Принцип действия электронного компаса.		
--	--	--	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 5 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.12, ПК.26.В, ПК.27.В.

Зачет проводится в устной форме, по билетам.

Форма проведения зачета описана в паспорте зачёта, прилагаемом к рабочей программе.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.12, ПК.26.В, ПК.27.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт зачета

по дисциплине «Материалы и технологии микроэлектронных устройств», 5 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1 – 11, второй вопрос из диапазона вопросов 12 – 26 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет АВТФ

Билет № 1

к зачету по дисциплине «Материалы и технологии микроэлектронных устройств»

1. Классификация сенсоров по назначению, физико-химическим принципам действия, основным характеристикам и техническому назначению.
2. Эффект Холла и его применение в сенсорах магнитного поля. Эффект магнитного сопротивления. Электронный компас, принцип его действия.

Утверждаю: зав. кафедрой ППиМЭ _____ проф. Гайслер В.А.
(подпись)

«23» июня 2017 г.

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при ответе на вопросы преподавателя допускает принципиальные ошибки, оценка составляет **0 – 49 баллов**.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при ответе на вопросы преподавателя допускает непринципиальные ошибки, например, оговорки, оценка составляет **50 – 66 баллов**.
- Ответ на билет (тест) для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, без ошибок отвечает на вопросы

преподавателя, оценка составляет **67 – 86 баллов**.

- Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не вызывая у преподавателя желания задавать вопросы, оценка составляет **87 – 100 баллов**.

3. Шкала оценки

Для допуска к зачёту студент обязан выполнить и защитить все лабораторные работы, присутствовать на всех лекционных занятиях. Минимальный общий балл для допуска к зачёту составляет 30 баллов.

Максимальный балл, который студент может набрать в ходе сдачи зачёта, равен 20, таким образом, коэффициент пересчёта баллов экзамена в итоговые баллы по дисциплине равен 0,2.

Оценка «**неудовлетворительно**» (оценки F, FX) ставится в случае, если студент отвечает на **неудовлетворительном** уровне, и набирает по сумме ответов на все вопросы от 0 до 9,6 итоговых баллов.

Оценка «**удовлетворительно**» (оценки E, D-, D) ставится в случае, если студент отвечает на **пороговом** уровне, и набирает от 10 до 13,2 баллов, а также на **базовом** уровне, если набранный им итоговый балл по сумме ответа на все вопросы находится в пределах от 13,4 до 14,4 (оценки D+ и C-).

Оценка «**хорошо**» (оценки C, C+, B-, B) ставится в случае, если студент отвечает на **базовом** уровне, и набирает от 14,6 до 17,2 итоговых баллов.

Оценка «**отлично**» (оценки B+, A-, A, A+) ставится в случае, если студент отвечает на **продвинутом** уровне, и набирает от 17,4 до 20 итоговых баллов.

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее **10** итоговых баллов (из **20** возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Материалы и технологии микроэлектронных устройств»

1. Классификация сенсоров по назначению, физико-химическим принципам действия, основным характеристикам и техническому назначению.
2. Эпитаксия. Переход от газовой к молекулярно-лучевой эпитаксии.
3. Плазмохимический окисел, его формирование и свойства. LPCVD-процесс.
4. Металлизация и внутрисхемное соединение. Напыление алюминия.
5. Термическое окисление. Достоинства термического SiO₂ как механического материала. Термическая диффузия, как способ получения *p-n* перехода.
6. Ионное легирование. Влияние термического отжига. Проекционная длина пробега. Распределение примеси по глубине.

7. Литография. Особенности процесса фотолитографии. Физические ограничения фотолитографии. Фоторезисты, смысл их применения.
8. Рентгеновская литография и LIGA-процесс. Электронно-лучевая литография, изготовление фотошаблонов.
9. Современные виды литографии.
10. Плазмохимическое травление, его разновидности.
11. Жидкостное травление, его разновидности.
12. Тензорезистивный эффект. Природа тензорезистивного эффекта в металлах и полупроводниках. Применение тензорезистивного эффекта.
13. Тензорезистивный мост и принцип работы сенсора давления на его основе. Сдвиговый тензорезистивный эффект. Сенсор давления на сдвиговом тензорезистивном эффекте.
14. Сенсоры температуры: основные виды, принципы действия, метрологические характеристики, применение.
15. Болометрический эффект, приборы на его основе, применение этих приборов.
16. Полупроводники A(III)B(V). Светоизлучающие приборы на их основе.
17. Органические светоизлучающие приборы, тенденции их развития.
18. Эффект Холла и его применение в сенсорах магнитного поля. Эффект магнитного сопротивления. Электронный компас, принцип его действия.
19. Лаборатории на чипе. Электронные носы и электронные языки.
20. Фотоэлектрический эффект. Фоторезисторы, фотодиоды и фототранзисторы, приборы на их основе.
21. Фотоэлектронные умножители, принцип их действия. Твердотельные фотоэлектронные умножители.
22. Дозиметрия. Величины, характеризующие дозу ядерного излучения. Детекторы ядерного излучения.
23. Технологическая карта и технологический маршрут. Контроль прохождения продукции по технологическому маршруту.
24. Чистые комнаты, их классификация. Чистые материалы.
25. Технологическая дисциплина при производстве электронных компонент.
26. Основные тенденции в развитии современной микроэлектроники.