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

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН АВТФ
к.т.н. Томилов И. Н.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
03.07.2026
Владелец: к.т.н. Томилов И. Н.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА 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.	41
4	Лекции, час.	16
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	16
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	из них практической подготовки, час.	0
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	7
11	Самостоятельная работа, час.	67
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	Р
13	Вид аттестации	3

Новосибирск 2026

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

ФГОС введен в действие приказом №945 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 05.10.2017 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений, 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, 03.07.2026

Утверждена на совете факультета автоматики и вычислительной техники, протокол № 7 от 03.07.2026

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Остертак Д. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Иванов А. В.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-5.В/ПК Способность получать и обрабатывать измерительную информацию
	ПК-5.В/ПК. 3 Умеет эксплуатировать и проектировать датчики, в том числе интеллектуальные сенсоры, микродатчики

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 5					
Дидактическая единица: Основные тенденции развития отечественной и зарубежной микроэлектроники.					
1. Основные достижения и тенденции в развитии отечественной и зарубежной микроэлектроники.	2	0	0		Обзор основных достижений и тенденций развития отечественной и зарубежной микроэлектроники. Понятие наноэлектроники. Перспективы развития наноэлектроники.
Дидактическая единица: Основы технологии и организации промышленного производства электронных компонент.					
2. Безопасность и культура производства электронных компонент.	2	0	0		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.	2	0	0		Задача фотолитографии. Структура процесса. Оборудование, применяемое для этого. Контактная и проекционная фотопечать. Физико-химические основы процесса. Фоторезист. Контроль качества процесса.

4. Современные виды литографии.	2	0	0		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.	2	0	0		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.	2	0	0		Термическое окисление, физико-химические и технологическое основы процесса. Осаждение диэлектрика из газовой фазы. Легирование диэлектрика в процессе осаждения. Аллотропные модификации поликристаллического кремния. Осаждение поликремния.
7. Термическая диффузия. Ионное легирование.	2	0	0		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.	2	0	0		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.	2	0	0		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 наноэлектроники					
10. Тензорезистивный эффект в металлах и кремнии. Приборы на его основе.	2	0	0		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.	2	0	0		Сдвиговый тензорезистивный эффект. Тензорезистивные сенсоры давления типа X-ducer. Эффект гигантского пьезосопротивления в нанопроволоках. Перспективы его применения.
12. Болометрический эффект и приборы на его основе.	2	0	0		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.	2	0	0		Химические сенсоры (лаборатории на чипе), перспективы их применения. Электронные носы и электронные языки.
14. Светоизлучающие приборы.	2	0	0		Полупроводники типа A(III) B(V). Светоизлучающие приборы на их основе (светодиоды и твердотельные лазеры). Органические светоизлучающие приборы

15. Углеродная электроника. Графен.	2	0	0		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.	2	0	0		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.	2	0	0		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.	2	0	0		Зондовая микроскопия, как метод изучения поверхности. Сканирующий зондовый микроскоп, атомный силовой микроскоп. Режимы изучения поверхности. Способы управления зондом.

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 5					
Дидактическая единица: Основы технологии и организации промышленного производства электронных компонент.					

1. Фотолитография.	4	0	0		Экспериментальное изучение процесса фотолитографии, выполнение технологического процесса на учебном оборудовании, анализ полученных результатов.
2. Термическое окисление.	4	0	0		Экспериментальное изучение процесса термического окисления, выполнение технологического процесса на учебном оборудовании, анализ полученных результатов.
3. Вакуумное напыление алюминия.	4	0	0		Экспериментальное изучение процесса вакуумного напыления алюминия, выполнение технологического процесса на учебном оборудовании, анализ полученных результатов.
4. Анизотропное травление кремния.	4	0	0		Экспериментальное изучение процесса жидкостного анизотропного химического травления кремния, выполнение технологического процесса на учебном оборудовании, анализ полученных результатов.
5. Электростатический метод соединения кремния со стеклом.	4	0	0		Экспериментальное изучение процесса электростатического бесклеевого 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.	4	0	0		Экспериментальное изучение сенсора давления MPX типа X-ducer, измерение зависимостей выходного сигнала сенсора от давления и температуры, расчет основных метрологических характеристик, анализ полученных результатов.

7. Тепловые сенсоры.	4	0	0		Экспериментальное изучение тепловых сенсоров (термопара и терморезистор), измерение их нагрузочных зависимостей, расчет основных метрологических характеристик, анализ полученных результатов.
8. Магнитные сенсоры.	4	0	0		Экспериментальное изучение сенсора Холла и магниторезистора, измерение магнитных полей, расчет основных метрологических характеристик, анализ полученных результатов.
9. Заключительное занятие.	4	0	0		Прием отчетов о выполнении лабораторных работ, получение допуска к диф. зачету.

Темы для самостоятельного изучения	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 5					
Дидактическая единица: Элементная база современной измерительной электроники.					
1. Эффект Зеебека (термоЭДС). Коэффициент Зеебека. Термопара, как измерительный прибор.	2	0	0		Изучение основной и дополнительной литературы, самостоятельное освоение учебного материала по заданной теме.
2. Терморезистивный эффект. Платиновые и полупроводниковые терморезисторы. Термисторы.	2	0	0		Изучение основной и дополнительной литературы, самостоятельное освоение учебного материала по заданной теме.
3. Тепловое излучение. Законы Стефана-Больцмана и Вина. Датчики охранной сигнализации нат принципе теплового излучения.	2	0	0		Изучение основной и дополнительной литературы, самостоятельное освоение учебного материала по заданной теме.
4. Эффекты Холла и магнитосопротивления. Сенсоры Холла. Принцип действия электронного компаса.	2	0	0		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.	2	0	0		Изучение основной и дополнительной литературы, самостоятельное освоение учебного материала по заданной теме.
6. Дозиметрия. Детекторы ядерного излучения (счётчики Гейгера-Мюллера, камера Вильсона, пузырьковая камера).	2	0	0		Изучение основной и дополнительной литературы, самостоятельное освоение учебного материала по заданной теме.

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 5				
1	Подготовка к аттестации		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 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				
2	Самостоятельное изучение теоретического материала		12	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : 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 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				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Социальные сети
Консультирование	e-mail; Чат
Контроль	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	ЭБС

Таблица 3.5

Активные и интерактивные формы проведения занятий

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

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 5		
Самостоятельное изучение теоретического материала:	6	12
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"		
Лекция:	14	28
Контролирующие материалы приводятся в "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"		
Лабораторная:	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"		
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "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"		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля
ПК-5.В/ПК	ПК-5.В/ПК 3. Умеет эксплуатировать и проектировать датчики, в том числе интеллектуальные сенсоры, микродатчики	

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

5. 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://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031699

4. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, И. Г. Неизвестный, В. Н. Шумский ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2006. - 495 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000066370

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. Зиминой, 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. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 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

2. 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

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Операционная система Microsoft Windows

2 Пакет офисных приложений Microsoft Office

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	МИКРОСКОП МИИ-4	Применяется для контроля качества поверхности
2	ВОЛЬТМЕТР В2-34	Применяется в измерительной схеме
3	ПРИБОР Щ-301/1	Применяется для проведения измерений
4	ИСТОЧНИК Б5-46	Применяется для питания измерительной схемы
5	Установка совмещения и экспонирования ЭМ-576А	Применяется для перенесения рисунка в фоточувствительный слой

6	УСТАНОВКА УВН-71р-3	Применяется для вакуумного напыления
7	УСТАНОВКА УНФ	Применяется для нанесения фоторезиста
8	ВАКУУММЕТР ВМБ 1/8	Применяется для контроля вакуума