

## 5.1. ПРИМЕРНАЯ БАЗОВАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)



Утверждаю  
Первый проректор —  
проректор по учебной работе  
МГТУ им. Н.Э. Баумана  
\_\_\_\_\_ Б.В. Падалкин  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Факультет «Информатика и системы управления»  
Кафедра ИУ4 «Проектирование и технология производства  
электронной аппаратуры»  
Факультет «Информатика и управление»  
Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана  
Кафедра ИУК1 «Проектирование и технология производства электронных  
приборов»

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

#### «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

для направления подготовки (уровень бакалавриата):  
12.03.01 «Приборостроение»

#### Автор программы:

Д. В. Андреев, доцент  
А. Е. Курносенко, доцент  
В.В. Макаруч, доцент  
В. А. Соловьев, доцент

## **1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Настоящая рабочая программа дисциплины устанавливает требования к знаниям и умениям студента, а также определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа разработана в соответствии с:

- Самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартом (СУОС 3++) по направлению подготовки (уровень бакалавриата): 12.03.01 «Приборостроение»;
- Основной профессиональной образовательной программой по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение»;
- Учебным планом МГТУ им. Н.Э. Баумана по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение».

При освоении дисциплины планируется формирование компетенций, предусмотренных ОПОП на основе СУОС 3++ по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение» (уровень бакалавриата)

Для категорий «знать, уметь, владеть» планируется достижение результатов обучения (РО), вносящих на соответствующих уровнях вклад в формирование компетенций, предусмотренных основной профессиональной образовательной программой.

Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в блок Б1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы бакалавриата по направлению 12.03.01 «Приборостроение».

Изучение дисциплины предполагает предварительное освоение следующих дисциплин учебного плана:

- Физико-химические основы электронных средств
- Физические основы микроэлектроники;

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для следующих дисциплин образовательной программы:

- Проектирование микропроцессорных систем;

Освоение учебной дисциплины связано с формированием компетенций с учетом матрицы компетенций ОПОП для направления (уровень бакалавриата): 12.03.01 «Приборостроение».

## 2. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общий объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц (з.е.), 216 академических часов (162 астрономических часов). В том числе: 1 семестр – 3 з.е. (108 ак.ч.), 2 семестр – 3 з.е. (108 ак.ч.).

Таблица 5.1.1.

Объём дисциплины по видам учебных занятий (в академических часах)

Виды учебной работы	Объем по семестрам, академ. ч.		
	Всего	Количество семестров освоения дисциплины	
		1	2
Объем дисциплины	108	108	108
<b>Аудиторная работа*</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>0</b>
Лекции (Л)	51	51	0
Лабораторные работы (ЛР)	17	17	0
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>108</b>
Проработка учебного материала лекций	6.25	6.25	0
Подготовка к лабораторным работам	16	16	0
Выполнение домашнего задания	15	15	0
Выполнение курсового проекта	108	0	108
Другие виды самостоятельной работы	2.75	2.75	0
<b>Вид промежуточной аттестации</b>		<b>Зачёт</b>	<b>ДЗчт</b>

\*в том числе, в форме практической подготовки

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО МОДУЛЯМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

№, п/п	Наименование модуля, содержание	Часы
<b>1</b>	<b>«Формирование пленок из проводящих, резистивных и диэлектрических материалов»</b>	
	<b>Лекции</b>	21
1.1	Введение	6
1.2	Подложки интегральных микросхем	2
1.3	Тонкопленочная и толстопленочная технология	9
1.4	Пленочные элементы интегральных микросхем	4
	<b>Лабораторные работы</b>	6
ЛР1.1	Анализ топологии полупроводниковой интегральной микросхемы (часть 1)	4
ЛР1.2	Анализ состава и размещения элементов базового матричного кристалла (часть 3)	4
	<b>Самостоятельная работа</b>	14
СР1.1	Проработка учебного материала лекций	2.5
СР1.2	Подготовка к лабораторным работам	6
СР1.3	Выполнение домашнего задания	3
СР1.4	Другие виды самостоятельной работы	2.5
<b>2</b>	<b>«Формирование полупроводниковых структур»</b>	
	<b>Лекции</b>	15
2.1	Основы конструирования полупроводниковых интегральных микросхем	2
2.2	Литография	6
2.3	Термическая диффузия	2
2.4	Ионная имплантация, эпитаксия и термическое окисление кремния	2
2.5	Последовательность создания основных структур интегральных микросхем	3
2.6	Проектирование топологии интегральных микросхем	2
	<b>Лабораторные работы</b>	6
ЛР2.1	Исследование точности совмещения комплекта фотошаблонов	4
	<b>Самостоятельная работа</b>	14
СР2.1	Проработка учебного материала лекций	2
СР2.2	Подготовка к лабораторным работам	6
СР2.3	Выполнение домашнего задания	6

СР2.4	Другие виды самостоятельной работы	0
<b>3</b>	<b>«Корпусирование и герметизация интегральных микросхем и микросборок»</b>	
	<b>Лекции</b>	15
3.1	Разделение пластин на кристаллы.	2
3.2	Корпуса интегральных микросхем	2
3.3	Монтаж кристаллов в корпуса.	2
3.4	Герметизация интегральных микросхем	2
3.5	Перспективы развития микро- и наноэлектроники	2
3.5	Технологические основы формирования наноструктур	5
	<b>Лабораторные работы</b>	5
ЛР3.1	Экспериментальные исследования многослойных структур металл/оксид/металл, обладающие мемристорным эффектом	5
	<b>Самостоятельная работа</b>	12
СР3.1	Проработка учебного материала лекций	1.75
СР3.2	Подготовка к лабораторным работам	4
СР3.3	Выполнение домашнего задания	6
СР3.4	Другие виды самостоятельной работы	0.25
4	Курсовой проект	108
СР4.1	Выполнение курсового проекта	108

#### **4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Самостоятельная работа студентов по дисциплине обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Рабочая программа дисциплины.
2. Учебная литература и дополнительные материалы [Раздел 6 Рабочей программы дисциплины].
3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» [Раздел 7 Рабочей программы дисциплины].
4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины [Раздел 8 Рабочей программы дисциплины], обеспечивающие самостоятельную работу студента при подготовке к учебным занятиям, выполнении домашних работ, подготовке к контрольным мероприятиям и аттестациям.
5. Комплект индивидуальных заданий.

Студенты получают доступ к указанным материалам начиная с первого занятия по дисциплине.

## **5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине базируется на перечне компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы (раздел 1). ФОС обеспечивает объективный контроль достижения всех результатов обучения, запланированных для дисциплины.

ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, владений и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана.

ФОС является приложением к данной рабочей программе дисциплины.

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Литература:**

1. Парфенов О. Д. Технология микросхем : учеб. пособие для вузов / Парфенов О. Д. - М. : Высш. шк., 1986. - 318 с. : ил. - Библиогр.: с. 317.
2. Варламов П. И., Елсуков К. А., Макарчук В. В. Технологические процессы в наноинженерии : учеб. -метод. комплекс по тем. направлению деятельности ННС "Наноинженерия" : учеб. пособие для вузов / Варламов П. И., Елсуков К. А., Макарчук В. В. ; ред. Шахнов В. А. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 175 с. : ил. - (Библиотека "Наноинженерия" : в 17 кн. ; кн. 2). - Библиогр.: с. 173. - ISBN 978-5-7038-3493-0.
3. Королёв, М. А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : в 2 ч : учебное пособие / М. А. Королёв, Т. Ю. Крупкина, М. А. Ревелева; под редакцией Ю. А. Чаплыгина. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 400 с. — ISBN 978-5-

00101-814-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151589>

4. Макарчук В. В., Родионов И. А., Цветков Ю. Б. Методы литографии в наноинженерии : учеб. -метод. комплекс по тем. направлению деятельности ННС "Наноинженерия" : учеб. пособие для вузов / Макарчук В. В., Родионов И. А., Цветков Ю. Б. ; ред. Шахнов В. А. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 175 с. : ил. - (Библиотека "Наноинженерия" : в 17 кн. ; кн. 9). - Библиогр.: с. 171. - ISBN 978-5-7038-3500-5.

5. Панфилов Ю. В., Моисеев К. М., Михайлов В. П. Высоковакуумные технологические процессы в наноинженерии : учеб. -метод. комплекс по тем. направлению деятельности ННС "Наноинженерия" : учеб. пособие для вузов / Панфилов Ю. В., Моисеев К. М., Михайлов В. П. ; ред. Шахнов В. А. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 191 с. : ил. - (Библиотека "Наноинженерия" : в 17 кн. ; кн. 3). - Библиогр.: с. 167. - ISBN 978-5-7038-3494-7.

6. Макарчук В. В., Родионов И. А. Проектирование электронной электронной компонентной базы наносистем : учеб. -метод. комплекс по тем. направлению деятельности ННС "Наноинженерия" : учеб. пособие для вузов / Макарчук В. В., Родионов И. А. ; ред. Шахнов В. А. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 156 с. : ил. - (Библиотека "Наноинженерия" : в 17 кн. ; кн. 5). - Библиогр.: с. 154. - ISBN 978-5-7038-3496-1.

7. Андреев В. В., Столяров А. А. Физические основы наноинженерии : учеб. -метод. комплекс по тем. направлению деятельности ННС "Наноинженерия" : учеб. пособие для вузов / Андреев В. В., Столяров А. А. ; ред. Шахнов В. А. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 223 с. : ил. - (Библиотека "Наноинженерия" : в 17 кн. ; кн. 16). - Библиогр.: с. 219-220. - ISBN 978-5-7038-3507-4.

#### **Дополнительные материалы:**

8. Мурога С. Системное проектирование свербольших интегральных схем: в 2 кн. / Пер. с англ. – М.: Мир, 1985.

9. Пирс К., Адамс А., Цай Дж., Сейдел Т., Макгиллис Д. Технология СБИС. В 2-х кн., Кн.1. Пер. с англ. Под ред. С.Зи. – М.: Изд-во «Мир», 1986. – 404 с.: ил.

10. Парфенов О.Д. Конструирование полупроводниковых интегральных схем: Методические указания по курсовому проектированию по курсу «Конструирование и технология микросхем». – М.: МВТУ, 1984. – 27 с.: ил.

11. Парфенов О.Д. Расчет и конструирование интегральных резисторов: метод.указания по курсовому проектированию по курсу "Микроминиатюризация электронно-вычислительных средств". – М.: Изд-во МГТУ, 1994. – 27 с.: ил.

12. Парфенов О.Д. Расчет и конструирование интегральных транзисторов. /Методические указания по курсовому проектированию. – М.: Изд-во МГТУ, 1997. – 19 с.: ил.
13. Макаручук В.В. Проектирование топологии биполярного планарно-эпитаксиального транзистора: Методические указания к курсовому проектированию по курсу «Технологические процессы микроэлектроники». – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 20 с.: ил.
14. Красников Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов – М.: Техносфера, 2011. - 800 с.
15. Рабаи Ж.М., Чандракасан А., Николич Б. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования. / 2-е изд, пер. с англ. – М.: Вильямс, 2007. — 912 с.
16. Уэйкерли Дж.Ф. Проектирование цифровых устройств: в 2-х томах. – М.: Изд-во «Постмаркет», - 2002. – 544 с.: ил.
17. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах / Пер. с англ. – 4-е изд. перераб. и доп. -М.: «Мир», 1993. – 413 с.: ил.
18. Красников Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2011. - 800 с.
19. Красников Г.Я., Горнев Е.С., Матюшкин И.В. Общая теория технологий и микроэлектроника. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. — 434 с.



## **7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ СЕТИ ИНТЕРНЕТ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Сайт университета: <http://bmstu.ru>
2. Российская государственная библиотека. <http://www.rsl.ru>.
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. <http://www.gpntb.ru>.
4. Библиотека МГТУ им. Н.Э. Баумана. <http://library.bmstu.ru>.
5. Научно-техническая библиотека КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. <http://library.bmstu-kaluga.ru>.
6. Научная электронная библиотека <http://eLIBRARY.RU>.
7. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <http://e.lanbook.com>.
8. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru>.
9. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru>.
10. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Юрайт» <https://biblio-online.ru>.
11. Центральная библиотека образовательных ресурсов Минобрнауки РФ. [www.edulib.ru](http://www.edulib.ru).
12. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru>.
13. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. <http://fcior.edu.ru>.
14. Сайт Издательства МГТУ им. Н.Э. Баумана <https://bmstu.press/>
15. Сайт кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры»: <http://iu4.ru>
16. Видеотека по направлению подготовки 11.03.03 – «Конструирование и технология электронных средств» (<https://vk.com/videos-242540>) (дата обращения 26.02.2022);

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание нижеследующие положения.

Дисциплина построена по модульному принципу, каждый модуль представляет собой логически завершённый раздел курса. Дисциплина делится на три модуля.

На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу учебно-методических материалов по дисциплине.

**Лекционные занятия** посвящены рассмотрению ключевых, базовых положений курса и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную проработку.

**Лабораторные работы** предназначены для приобретения опыта практической реализации основной профессиональной образовательной программы. Методические указания к лабораторным работам прорабатываются студентами во время самостоятельной подготовки. Необходимый уровень подготовки контролируется перед проведением лабораторных работ.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, практикумов, лабораторных работ и индивидуальных и(или) групповых консультаций, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка может включать в себя отдельные занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

**Самостоятельная работа** студентов включает следующие виды: проработка учебного материала лекций, подготовка к лабораторным работам, выполнение домашнего задания. Результаты всех видов работы студентов формируются в виде их личного рейтинга, который учитывается на промежуточной аттестации. Самостоятельная работа предусматривает не только проработку материалов лекционного курса, но и их расширение в результате поиска, анализа, структурирования и представления в компактном виде современной информации из всех возможных источников.

**Текущий контроль** проводится в течение каждого модуля, его итоговые результаты складываются из оценок по следующим видам контрольных мероприятий:

- Домашнее задание.

Освоение дисциплины и ее успешное завершение на стадии промежуточной аттестации возможно только при регулярной работе во время семестра и планомерном прохождении текущего контроля. Набрать рейтинг

по всем модулям в каждом семестре, пройти по каждому модулю плановые контрольные мероприятия в течение экзаменационной сессии невозможно.

Для завершения работы в семестре студент должен выполнить все контрольные мероприятия.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине проходит в форме зачета.

**Методика оценки по рейтингу**

Студент, выполнивший все предусмотренные учебным планом задания и сдавший все контрольные мероприятия, получает итоговую оценку по дисциплине за семестр в соответствии со шкалой:

<b>Рейтинг</b>	<b>Оценка на зачете</b>
85 – 100	Зачтено
71 – 84	Зачтено
60 – 70	Зачтено
0 – 59	Не зачтено

Оценивание дисциплины ведется в соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана.

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ**

### **Информационные технологии:**

- Электронная информационно-образовательная среда МГТУ им. Н.Э. Баумана обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик, формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы. Предусмотрена возможность синхронного и асинхронного взаимодействия студентов и преподавателей посредством технологий и служб по пересылке и получению электронных сообщений между пользователями компьютерной сети Интернет.
- Электронная образовательная система МГТУ им.Н.Э.Баумана: <https://e-learning.bmstu.ru/iu4/>;
- Система BigBlueButton <https://webinar.bmstu.ru>;

### **Программное обеспечение:**

- LibreOffice

### **Информационные справочные системы:**

- Информационно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>;
- Информационно-правовая система «Консультант Плюс» <http://www.consultant.ru>;
- Каталог национальных стандартов <https://www.gostinfo.ru/catalog/gostlist/>
- Электронно-информационный портал по электронике <http://www.radioradar.net/>.

### **Профессиональные базы данных:**

- Ресурс «Машиностроение» <http://www.i-mash.ru>;
- Портал машиностроения <http://www.mashportal.ru>.
- Ресурс «Радиоэлектронные схемы и компоненты» <https://www.radiokot.ru/>.
- Портал «Nano» <https://nano.nature.com/>.

**10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ,  
НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

## Перечень материально-технического обеспечения дисциплины

<b>№, п/п</b>	<b>Вид занятий</b>	<b>Вид и наименование оборудования</b>
1	Лекции	специально оборудованные аудитории с мультимедийными средствами, средствами звуковоспроизведения и имеющими выход в сеть Интернет; помещения для проведения аудиторных занятий, оборудованные учебной мебелью; аудитории оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет; студии; компьютерные классы.
2	Лабораторные работы	специально оборудованные аудитории с мультимедийными средствами, средствами звуковоспроизведения и имеющими выход в сеть Интернет; помещения для проведения аудиторных занятий, оборудованные учебной мебелью; аудитории оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет; студии; компьютерные классы.
3	Самостоятельная работа	библиотека, имеющая рабочие места для студентов; выставочные залы; аудитории, оснащенные компьютерами с доступом к сети Интернет. Социокультурное пространство университета позволяет студенту качественно выполнять самостоятельную работу.