

ББК 65.305.47я73  
В 191

#### Рецензенты:

*Глухов А.В.*, канд. техн. наук, заместитель генерального директора  
по научной работе АО «НПП «Восток»

*Илюшин В.А.*, канд. техн. наук, доцент кафедры ППиМЭ НГТУ

#### **Васильев В.Ю.**

В 191 Современное производство изделий микроэлектроники: учебное  
пособие / В.Ю. Васильев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 88 с.

ISBN 978-5-7782-3907-4

В учебном пособии рассмотрена совокупность вопросов, связанных с организацией современной микроэлектронной отрасли и производства интегральных микросхем (ИМС). Основным стремительного роста микроэлектронной индустрии является открытый конкурентный заинтересованный рынок, который развивается за счет возникновения и формирования новых потребностей у потребителей, инвестиций в исследования материалов и технологий, развития новых технологий, производств, аппаратуры. Имеют место глобализация микроэлектронной индустрии и объединение усилий в рамках альянсов и ассоциаций для решения общих задач. Дается общее представление об устройстве типичного полупроводникового предприятия по производству чипов ИМС. Рассмотрены тенденции проектирования современного оборудования для производства ИМС. Имеет место постепенный перенос к изготовителям оборудования работ по разработке и интеграции отдельных технологических процессов, а также сервисного обслуживания потребителей. Кратко охарактеризована основная деятельность инженера на предприятии по производству ИМС. Главной задачей инженеров в производстве является повышение качества выпускаемой продукции.

Учебное пособие разработано в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Семинары по специальности», образовательная программа 11.04.04. «Электроника и наноэлектроника», магистерская программа «Микро- и наноэлектроника». Рекомендуется для обучения бакалавров и магистрантов по направлениям 11.03.04 и 11.04.04 («Электроника и наноэлектроника»), 28.03.01 и 28.04.01 («Нанотехнологии и микросистемная техника») в рамках семинаров по специальностям и по дисциплинам, связанным с преподаванием технологических процессов производства изделий микроэлектроники, микросистемной техники, наноэлектроники.

Также рекомендуется для аспирантов специальности 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи», представляет интерес для инженеров и технологов производства ИМС.

**ББК 65.305.47я73**

**ISBN 978-5-7782-3907-4**

© Васильев В.Ю., 2019

© Новосибирский государственный  
технический университет, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
<b>Глава 1. Краткие вводные положения и общая характеристика полупроводниковой отрасли .....</b>	<b>7</b>
1.1. Основные информационные источники .....	7
1.2. Некоторые термины и определения .....	9
1.3. Структура отрасли и формы организации микроэлектронных компаний.....	12
1.4. Прогресс ИМС и «правило Мура» .....	16
1.5. Экономические движущие силы развития электроники .....	17
1.5.1. Изделия – движущие силы (мотиваторы) развития электроники.....	17
1.5.2. Доля стоимости кремниевых компонентов в стоимости продуктов.....	18
1.5.3. Снижение удельной стоимости транзисторов и площади подложек.....	18
1.5.4. Ценовая политика производителей .....	19
1.5.5. Перевооружение предприятий и инвестиции.....	20
1.6. ITRS и объединения участников мировой электронной промышленности .....	21
1.6.1. International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS).....	21
1.6.2. Глобальные альянсы и партнерства изготовителей изделий микроэлектроники .....	25
1.6.3. Слияния и поглощения предприятий .....	25
Закключение к главе 1 .....	26
Вопросы для самопроверки по главе 1 .....	26
Дополнительные источники информации к главе 1 .....	27

<b>Глава 2. Современное зарубежное предприятие по производству чипов ИМС</b> .....	28
2.1. Устройство микрoeлектронного предприятия .....	28
2.2. «Чистая комната» (Clean-room) .....	31
2.2.1. Важность поддержания чистоты в Clean-room.....	32
2.2.2. Источники загрязнений .....	32
2.2.3. Очистка приточного воздуха .....	33
2.2.4. Работа персонала в «чистой комнате» .....	35
2.2.5. Оборудование в «чистой комнате».....	36
2.3. Энергетическая зона (Facility) .....	38
2.4. Офисная зона .....	38
2.5. Работа с полупроводниковыми подложками.....	39
2.6. Организационная структура предприятия.....	42
Заключение к главе 2 .....	44
Вопросы для самопроверки по главе 2 .....	45
Дополнительные источники информации к главе 2 .....	46
<b>Глава 3. Современное оборудование предприятий производства чипов ИМС</b> .....	47
3.1. Техническая политика производителей оборудования для ИМС .....	47
3.2. Общие тенденции модернизации технологического оборудования .....	49
3.3. Примеры модернизации оборудования для термических операций .....	51
3.4. Аналитические производственные и лабораторные приборы .....	57
3.5. Компьютеризация производственного оборудования .....	62
3.6. Производственное оборудование как часть компьютеризированной системы управления микрoeлектронным предприятием .....	65
Заклучение к главе 3 .....	66
Вопросы для самопроверки по главе 3 .....	67
Дополнительные источники информации к главе 3 .....	67
<b>Глава 4. Инженерная деятельность на современном микрoeлектронном предприятии</b> .....	68
4.1. Функции инженерного персонала микрoeлектронного предприятия ....	68
4.1.1. Поступление на работу на предприятие .....	68

4.1.2. Повседневная работа инженера .....	70
4.1.3. Решение технических задач в группах .....	71
4.1.4. Карьерный рост в микроэлектронике .....	73
4.2. Обеспечение высокого качества изделий микроэлектроники .....	75
4.2.1. Слагаемые качества микроэлектронной продукции .....	75
4.2.2. TPC (Total Process Control) – система всеобщего контроля технологических процессов .....	76
4.2.3. Robust-технология (процесс) и SPC .....	78
Заключение к главе 4 .....	80
Вопросы для самопроверки по главе 4 .....	81
Библиографический список .....	82