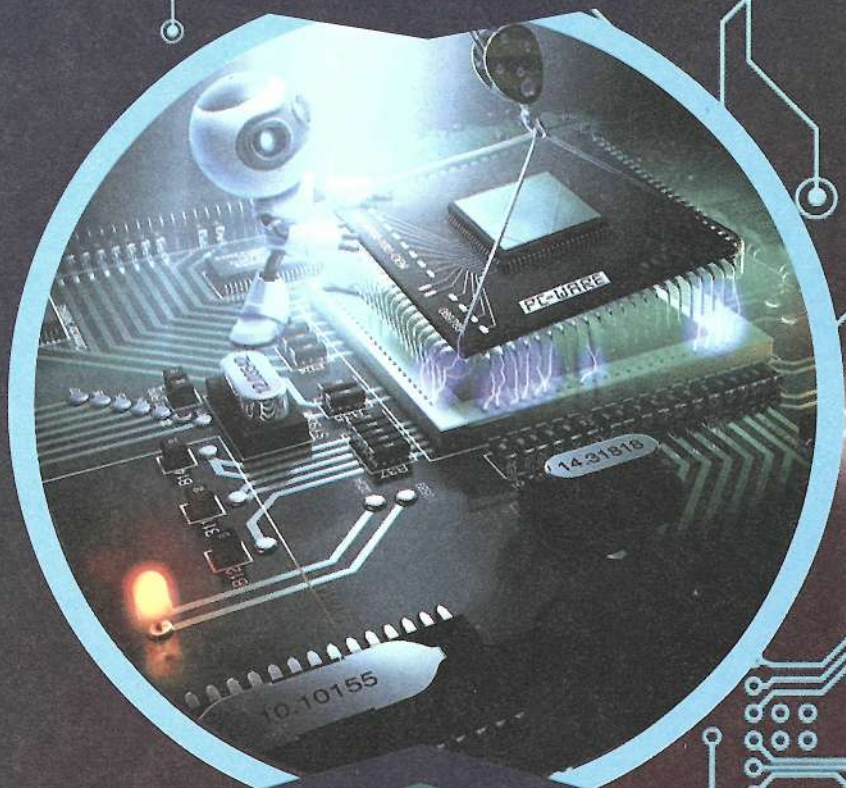


В.Л. Ланин А.А. Хмыль



ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

В.Л. Ланин А.А. Хмыль

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

*Допущено
Министерством образования
Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов
учреждений высшего образования
по специальности
«Проектирование и производство
программно-управляемых
электронных средств»*

Минск
 «Вышэйшая школа»
2019

Ланин, В. Л. Технология производства электронных средств : учебное пособие / В. Л. Ланин, А. А. Хмыль. — Минск : Вышэйшая школа, 2019. — 455 с. : ил. — Библиогр. : с. 452.

УДК 621.396.6.049.75-77:621.38(075.8)

ББК 31

Чит. зал №1 — 1 экз.

Рассмотрены общие принципы проектирования, моделирования и автоматизации технологических процессов производства электронных средств, программно-управляемое технологическое оборудование, автоматизированные системы управления технологическими процессами. Описаны физико-технологические основы процессов сборки, монтажа и защиты электронных средств от климатических воздействий.

Для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Проектирование и производство программно-управляемых электронных средств», «Моделирование и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств», «Электронные системы и технологии», а также для аспирантов и магистрантов.

Оглавление

Список сокращений	3
Предисловие	6
Глава 1. Принципы проектирования технологических процессов производства электронных средств	8
1.1. Системный подход к технологии и иерархические уровни производства	8
1.2. Структура производственного процесса, виды и типы технологических процессов	12
1.3. Технологическая система подготовки производства и порядок проектирования технологических процессов	18
1.4. Выбор оптимального варианта технологического процесса	24
1.5. Конструктивно-технологические особенности электронных модулей и блоков	29
1.6. Технологичность конструкций электронных модулей	34
1.7. Проектирование сборочно-монтажных работ	38
1.8. Разработка и оформление технологической документации	44
1.9. Автоматизированное проектирование технологических процессов	50
Глава 2. Моделирование и оптимизация технологических процессов	55
2.1. Модели технологических систем	55
2.2. Регрессионный анализ технологических процессов	57
2.3. Моделирование методом полного факторного эксперимента	59
2.4. Методы оптимизации технологических процессов	64
2.5. Моделирование систем массового обслуживания	72
2.6. Статистическое моделирование сборочных процессов	75
Глава 3. Точность и надежность технологических процессов	90
3.1. Производственные погрешности и законы их распределения	90
3.2. Методы анализа производственных погрешностей	96
3.3. Точность и устойчивость технологических процессов	101
3.4. Методы обеспечения заданной точности технологических процессов ..	104
3.5. Надежность технологических процессов	108
Глава 4. Технология коммутационных плат	112
4.1. Конструктивно-технологические требования, предъявляемые к платам и печатному монтажу	112
4.2. Классификация плат и методов их изготовления	117
4.3. Материалы для изготовления печатных плат	121
4.4. Формирование рисунка схемы	124
4.5. Травление меди с пробельных мест	134
4.6. Химическая и электрохимическая металлизация	139
4.7. Механическая обработка печатных плат	146
4.8. Технология односторонних и двусторонних печатных плат	151
4.9. Технология многослойных печатных плат	156
4.10. Платы с высокой плотностью межсоединений	165

4.11. Гибкие и гибко-жесткие платы	167
4.12. Тестирование и испытания плат	170
Глава 5. Технология и оборудование для изготовления намоточных изделий	176
5.1. Конструктивно-технологические особенности намоточных изделий	176
5.2. Материалы проводов, каркасов и экранов	179
5.3. Оборудование и типовые процессы намотки	181
5.4. Тормозные устройства	185
5.5. Измерение натяжения провода	186
5.6. Автоматизация контроля намоточных изделий	187
5.7. Выбор оптимального натяжения провода при намотке	189
Глава 6. Технология разъемных и неразъемных механических соединений	191
6.1. Классификация механических соединений и области их применения ..	191
6.2. Разъемные соединения	192
6.3. Неразъемные соединения	196
6.4. Пайка механических соединений	201
6.5. Конструкционная сварка	205
6.6. Обеспечение точности при выполнении механических соединений ..	211
Глава 7. Технология электромонтажных соединений	214
7.1. Методы создания электромонтажных соединений	214
7.2. Физико-химическое содержание процесса пайки	219
7.3. Припой, флюсы, пасты	237
7.4. Технологические основы индивидуальной пайки	244
7.5. Контроль качества паяных соединений	250
7.6. Физико-технологическое содержание сварки	257
7.7. Монтажная микросварка	261
7.8. Накрутка, обжимка и запрессовка	273
Глава 8. Сборка электронных блоков на печатных платах	283
8.1. Структура технологического процесса сборки	283
8.2. Входной контроль и его оптимизация	284
8.3. Подготовка компонентов к монтажу	290
8.4. Установка компонентов на платы	292
8.5. Автоматическое оборудование для сборки	295
Глава 9. Пайка электронных модулей на печатных платах	299
9.1. Классификация способов групповой пайки	299
9.2. Пайка погружением	301
9.3. Волновые способы пайки	302
9.4. Пайка групповым инструментом	309
9.5. Пайка летучим теплоносителем	312
9.6. Подготовительные операции при групповой пайке	314
Глава 10. Поверхностный монтаж электронных модулей	318
10.1. Типы поверхностно-монтируемых элементов	318
10.2. Поверхностный монтаж и его разновидности	321
10.3. Технология дозирования паяльных паст	324
10.4. Методы и оборудование установки элементов на платы	327

10.5. Оценка точности позиционирования и способы центрирования элементов	330
10.6. Технология пайки поверхностного монтажа	333
10.7. Технология пайки модулей со смешанным монтажом	335
10.8. Типичные дефекты поверхностного монтажа	338
Глава 11. Технология сборки и монтажа микромодулей	341
11.1. Технология монтажа кристаллов	341
11.2. Монтаж компонентов жестко организованными выводами	353
11.3. Технология многокристалльных и 3D-модулей	360
11.4. Сборка и монтаж СВЧ-микромодулей	362
11.5. Конструктивно-технологические особенности волоконно-оптических модулей	365
11.6. Сборка и монтаж светодиодных модулей и панелей	368
Глава 12. Внутри- и межблочный монтаж электронных средств	372
12.1. Технические требования к монтажу	372
12.2. Подготовка проводов к монтажу	374
12.3. Технология жгутового монтажа	378
12.4. Монтаж плоскими ленточными кабелями	380
Глава 13. Технология контроля и диагностики	384
13.1. Виды контроля	384
13.2. Диагностика неисправностей	390
13.3. Методы и средства технической диагностики	392
Глава 14. Технология регулировки и тренировки	401
14.1. Методы регулировки	401
14.2. Настройка и регулировка параметров радиоприемников	403
14.3. Технологическая тренировка и испытания	412
Глава 15. Герметизация микроблоков и модулей	418
15.1. Классификация методов герметизации	418
15.2. Физико-технологические основы процессов покровной герметизации	420
15.3. Материалы для герметизации и их свойства	426
15.4. Герметизация в вакуумно-плотные корпуса	428
15.5. Герметизация пайкой	430
15.6. Контроль качества герметизации	432
Глава 16. Программно-управляемые технологические системы и производства	434
16.1. Технологические системы и их основные показатели	434
16.2. Принципы управления технологическими системами	437
16.3. АСУТП и основные функции подсистем	439
16.4. Технические средства АСУТП	441
16.5. Автоматизированные технологические комплексы интегрированного производства	445
16.6. CALS-технологии компьютеризированного производства	448
16.7. Инженерное обеспечение производства электронных средств	449
Литература	452