

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

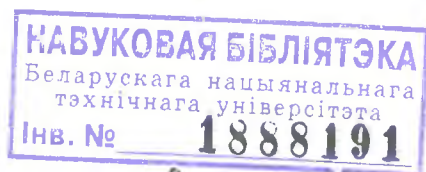
Научная библиотека

БНТУ



**В. Л. Ланин, В. А. Емельянов, И. Б. Петухов**

# **ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ СБОРКИ И МОНТАЖА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**



Минск  
«Беларуская навука»  
2022

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Список принятых сокращений</b> .....	7
<b>Введение</b> .....	9
<b>Глава 1. Эволюция конструкций и технологий сборки электронных модулей</b> ....	11
1.1. Тенденции развития электронных модулей .....	11
1.2. Классификация и характеристика видов соединений в модулях .....	19
1.3. Монтаж выводных компонентов в электронных модулях .....	23
1.4. Поверхностный монтаж электронных модулей .....	26
1.5. Непосредственный монтаж кристаллов и микрокорпусов .....	30
1.6. Многокристалльные модули и особенности их сборки .....	33
1.7. Микро- и наноразмерные модули .....	38
Список использованных источников к главе 1 .....	41
<b>Глава 2. Материалы для формирования электромонтажных соединений</b> .....	42
2.1. Припои для электромонтажных соединений .....	42
2.2. Свойства припоев в зависимости от состава и наличия примесей .....	44
2.3. Бессвинцовые припои .....	47
2.4. Модификация структуры бессвинцовых припоев .....	53
2.5. Флюсы для электромонтажной пайки .....	60
2.6. Припойные пасты .....	67
2.7. Токопроводящие клеи .....	74
2.8. Микропроволоки для контактных соединений .....	76
2.9. Защитные жидкости и покрытия для пайки .....	80
2.10. Материалы для очистки соединений .....	82
Список использованных источников к главе 2 .....	85
<b>Глава 3. Паяемость материалов и электронных компонентов</b> .....	87
3.1. Паяемость и критерии ее оценки .....	87
3.2. Методы оценки паяемости погружением в расплав .....	89
3.3. Методы оценки паяемости по капиллярному проникновению и площади расте- кания припоя .....	93
3.4. Паяемость гальванических покрытий .....	98
3.5. Паяемость электронных компонентов .....	102
Список использованных источников к главе 3 .....	108
<b>Глава 4. Физико-химические основы электромонтажной пайки</b> .....	110
4.1. Подготовка поверхностей к пайке .....	110
4.2. Удаление оксидных пленок с паяемых поверхностей .....	113

4.3. Процессы на межфазной границе раздела припой–паяемая поверхность . . . . .	118
4.4. Капиллярное проникновение припоя и диффузия . . . . .	120
4.5. Кристаллизация припоя и формирование структуры соединений. . . . .	122
Список использованных источников к главе 4. . . . .	125
<b>Глава 5. Сборка и монтаж электронных модулей на печатных платах . . . . .</b>	<b>126</b>
5.1. Подготовка компонентов к монтажу . . . . .	126
5.2. Установка компонентов на платы . . . . .	132
5.3. Методы флюсования при волновой пайке . . . . .	138
5.4. Волновые способы пайки модулей на печатных платах. . . . .	142
5.5. Пайка с помощью паяльников и паяльных станций. . . . .	149
5.6. Демонтаж электронных компонентов. . . . .	156
5.7. Методы очистки от остатков флюса . . . . .	159
Список использованных источников к главе 5. . . . .	171
<b>Глава 6. Поверхностный монтаж электронных модулей . . . . .</b>	<b>173</b>
6.1. Типы поверхностно-монтируемых элементов и разновидности их монтажа. . . . .	173
6.2. Технология и оборудование для дозирования паяльных паст . . . . .	176
6.3. Методы и оборудование установки элементов на платы . . . . .	180
6.4. Термические аспекты пайки электронных модулей. . . . .	188
6.5. Технология волновой пайки поверхностного монтажа . . . . .	191
6.6. Конвективные методы пайки поверхностного монтажа . . . . .	194
6.7. Селективная пайка модулей со смешанным монтажом . . . . .	197
6.8. Конденсационная пайка модулей . . . . .	199
6.9. Инфракрасная пайка поверхностного монтажа. . . . .	205
6.9.1. Особенности инфракрасного нагрева . . . . .	205
6.9.2. Оборудование инфракрасного нагрева . . . . .	211
6.10. Контроль температурного профиля пайки. . . . .	212
6.11. Типичные дефекты поверхностного монтажа . . . . .	220
Список использованных источников к главе 6. . . . .	222
<b>Глава 7. Технология сборки и монтажа микромодулей . . . . .</b>	<b>224</b>
7.1. Технология монтажа кристаллов полупроводниковых приборов. . . . .	224
7.2. Автоматизированный монтаж кристаллов вибрационной и ультразвуковой пайкой. . . . .	230
7.3. Монтаж кристаллов транзисторов в корпусах D-Pak и Super D2-Pak. . . . .	238
7.4. Бессвинцовые припойные композиции для монтажа кристаллов. . . . .	244
7.5. Монтаж кристаллов в модулях силовой электроники . . . . .	250
7.6. Монтаж кристаллов жесткими объемными выводами. . . . .	255
7.7. Формирование матричной структуры выводов припоя . . . . .	261
7.8. Технология монтажа Flip Chip . . . . .	278
7.9. Технология сборки многокристалльных и 3D электронных модулей . . . . .	283
7.10. Бесконтактный монтаж кристаллов. . . . .	289
7.11. Технология TSV структур. . . . .	290
Список использованных источников к главе 7. . . . .	293
<b>Глава 8. Сборка и монтаж СВЧ микромодулей и микроблоков. . . . .</b>	<b>295</b>
8.1. Конструктивно-технологические особенности СВЧ микромодулей . . . . .	295
8.2. Технология сборки и монтажа СВЧ микромодулей . . . . .	298
8.3. Технология герметизации пайкой корпусов микроблоков . . . . .	304
Список использованных источников к главе 8. . . . .	308

<b>Глава 9. Ультразвуковая пайка и металлизация в электронике</b> . . . . .	310
9.1. Физические модели ультразвуковых эффектов в расплавах . . . . .	310
9.2. Удаление оксидных пленок и интенсификация процесса смачивания . . . . .	319
9.3. Диффузия и химическое взаимодействие расплавов с паяемыми материалами . . . . .	325
9.4. Технологическое оснащение ультразвуковой пайки. . . . .	334
9.5. Влияние параметров ультразвуковых процессов на свойства соединений . . . . .	343
Список использованных источников к главе 9. . . . .	348
<b>Глава 10. Технология высокочастотной пайки в электронике</b> . . . . .	351
10.1. Выбор частоты и мощности нагрева . . . . .	351
10.2. Методы и устройства высокочастотного нагрева . . . . .	355
10.3. Оборудование и оснастка для высокочастотного нагрева . . . . .	366
10.4. Управление термическими профилями высокочастотной пайки . . . . .	370
Список использованных источников к главе 10. . . . .	374
<b>Глава 11. Лазерная пайка электронных модулей</b> . . . . .	376
11.1. Твердотельные лазеры для монтажной пайки . . . . .	376
11.2. Лазерные диодные системы для пайки . . . . .	384
11.3. Моделирование параметров лазерной пайки . . . . .	388
Список использованных источников к главе 11 . . . . .	392
<b>Глава 12. Микромонтаж интегральных схем и микромодулей</b> . . . . .	394
12.1. Микросварные соединения в интегральных схемах и микромодулях . . . . .	394
12.2. Особенности методов и механизмы образования микросоединений. . . . .	395
12.3. Термокомпрессионная микросварка . . . . .	396
12.4. Ультразвуковая микросварка проволочных выводов . . . . .	398
12.5. Ультразвуковая микросварка ленточных выводов . . . . .	404
12.6. Термозвуковая микросварка. . . . .	407
12.7. Автоматическое оборудование микросварки. . . . .	410
12.8. Монтаж силовых полупроводниковых приборов и микромодулей . . . . .	417
12.9. Инструмент для микросварки . . . . .	422
12.10. Микросварка расщепленным электродом . . . . .	425
12.11. Лазерная микросварка . . . . .	427
12.12. Контроль качества микросварных соединений . . . . .	431
Список использованных источников к главе 12. . . . .	439
<b>Глава 13. Герметизация интегральных схем и микроблоков</b> . . . . .	441
13.1. Герметизация металлостеклянных и металлокерамических корпусов ИС . . . . .	441
13.2. Формирование сварных соединений контактной шовно-роликовой сваркой. . . . .	445
13.3. Особенности герметизации металлокерамических корпусов ИС. . . . .	448
13.4. Моделирование термических напряжений в металлокерамических узлах. . . . .	453
13.5. Обеспечение низкого уровня паров воды в корпусах интегральных схем при герметизации . . . . .	456
Список использованных источников к главе 13. . . . .	460
<b>Глава 14. Межблочный монтаж электронной аппаратуры</b> . . . . .	462
14.1. Соединение проводов обжатием . . . . .	462
14.2. Эластичное разъемное соединение . . . . .	463
14.3. Соединения плоских кабелей врезанием . . . . .	464

14.4. Прессовые соединения типа Press-Fit . . . . .	464
Список использованных источников к главе 14 . . . . .	468
<b>Глава 15. Контроль качества сборки и монтажа . . . . .</b>	<b>469</b>
15.1. Методы и оборудование контроля качества сборки электронных модулей . . .	469
15.2. Контроль электрических параметров паяных соединений . . . . .	473
15.3. Контроль физико-механических свойств соединений . . . . .	475
15.4. Металлографический контроль качества соединений . . . . .	477
15.5. Типичные дефекты паяных соединений. . . . .	480
15.6. Методы контроля скрытых дефектов соединений . . . . .	497
15.7. Надежность паяных соединений . . . . .	505
Список использованных источников к главе 15 . . . . .	511